

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра виробництва приладів
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 612.91;519.711

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
В.В. Шевченко
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151– Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

на тему: Система моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом

Виконала : студентка II курсу, групи ПБ-71мп
(шифр групи)

Матвєєва Анна Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Вислоух С.П.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант стартап-проекту к.е.н., доцент Бояринова К.О.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра Виробництва приладів
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. завідувача кафедри

Шевченко В.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Матвєєвій Анні Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Система моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом»,

науковий керівник дисертації Вислоух Сергій Петрович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. № 4078-с

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження виробничі процеси приладобудуванні

4. Предмет дослідження структурно-логічний метод моделювання складних систем

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Виконати аналіз стану моделювання роботи виробничих систем та постановка задач дисертаційних досліджень. Розглянути основи побудови та моделювання роботи виробничих систем, вибрати ефективний метод моделювання технологічних систем в приладобудуванні. Розробити методику практичного застосування системи моделювання за допомогою структурно-логічного методу на прикладах моделювання технологічного процесу виготовлення деталей та складання приладу. Розробити стартап-проект реалізації системи моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Стан питання моделювання та оптимізації роботи виробничих систем. Мета роботи, об'єкт та предмет дослідження. Наукова новизна та практична корисність. Методи моделювання виробничих систем. Основні схеми роботи виробничих систем в приладобудуванні. Математичні моделі роботи

виробничих систем. Математична модель технологічних процесів виготовлення деталі та складання приладу. Методика практичного застосування системи для моделювання роботи виробничих систем. Розробка стартап-проекта реалізації системи моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом.

7. Орієнтовний перелік публікацій Статті та тези доповідей за темою магістерської дисертації (надано в Додатку в вигляді Форми 2б)

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап-проект	Бояринова К.О., к.е.н., доцент		

9. Дата видачі завдання 3.09.2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Виконати аналіз стану питання математичного моделювання та оптимізації роботи виробничих систем та поставити задачі дисертаційних досліджень	17.09.2018 р.	
2	Побудова математичних моделей виробничих систем в відповідності до схеми структурно-логічного методу	08.10.2018 р.	
3	Розробити систему оптимізації завантаження обладнання виробничої системи структурно-логічним методом	15.10.2018 р.	
4	Розробка системи математичного моделювання та оптимізації виробничих систем	12.11.2018 р.	
5	Практичне застосування використання розробленої системи для моделювання роботи дільниць механічного та складального цеху	22.11.2018 р.	
6	Розробка стартап-проекту реалізації системи моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом	03.12.2018 р.	

Студент

_____ (підпис)

А.О. Матвєєва

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

С.П. Вислоух

_____ (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків у вигляді тексту програм, результату програм, креслення деталей, технологічної документації, списку наукових праць та акту впровадження. Робота складається з 91 аркуша, до неї входять ілюстрацій, таблиць, список літератури та додатків.

Метою даної роботи є створення методики моделювання та оптимізації виробничої системи, що допоможе зменшити витрати на виготовлення деталей за допомогою визначення найменшого часу на обробку партії деталей.

В магістерській дисертації проведений аналіз методів моделювання та оптимізації завантаження виробничих систем, в результаті був обраний один структурно-логічний метод моделювання так, як він надає змогу моделювати виробничу систему використовуючи один математичний апарат.

Результатом виконання даної роботи є використання структурно-логічного методу для створеної програми моделювання виробничої системи, що дозволяє розрахувати оптимальний час на виконання робіт шляхом запаралелювання операцій.

Дослідження даного типу необхідно проводити, оскільки проблема завантаженості обладнання є дуже суттєвою для великої кількості підприємств. Обов'язковим в даному випадку є врахування різноманітних факторів, що впливають на виробничий процес, які дозволять зробити систему більш універсальною.

Ключові слова: приладобудування, структурно-логічний метод моделювання, виробнича система, модель, складна система, система моделювання, оптимізація виробничої системи.

ABSTRACT

The master's dissertation consists of an introduction, six sections, conclusions, list of used literature and applications in the form of the text of programs, program results, drawing of details, technological documentation, list of scientific works and the act of introduction. The work consists of 91 sheets, it includes illustrations, tables, bibliography and 4 annexes.

The purpose of this work is to create a methodology for modelling and optimizing the production system, which will help reduce the cost of manufacturing parts by determining the least amount of time to process the batch of parts.

In the master's dissertation the analysis of methods of modelling and optimization of loading of production systems was conducted, as a result, one structural-logical method of modelling was chosen in the way that it allows to model a production system using one mathematical device.

The result of this work is the use of the structural-logical method for the created program of modelling the production system, which allows you to calculate the optimal time for doing work by parallelizing operations.

The study of this type needs to be carried out, since the problem of the load of equipment is very significant for a large number of enterprises. In this case, it is mandatory to take into account various factors influencing the production process, which will make the system more versatile.

Key words: instrumentation, structural-logical modelling method, production system, model, complex system, modelling system, optimization of production system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
1.1. Виробничі системи в приладобудуванні, характеристики і особливості їх функціонування.....	21
1.2. Стан математичного моделювання та оптимізації роботи виробничих систем	23
1.3. Постановка задачі дисертаційного дослідження	30
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ.....	32
2.1. Основні схеми роботи виробничих систем.....	32
2.2. Вибір ефективної методики моделювання виробничих систем	33
2.3. Вибір цільової функції	35
2.4. Визначення обмежень на область припустимих рішень задачі.....	38
2.5. Побудова математичних моделей виробничих систем	38
Висновки до розділу	44
РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ.....	45
3.1 Структурна схема системи моделювання та оптимізації.....	45
3.2 Інформаційне забезпечення системи.....	47
3.3 Програмне забезпечення системи	50
3.4 Методичне забезпечення системи	53
Висновки до розділу	56

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА АПРОБАЦІЯ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ.....	58
4.1 Моделювання та оптимізація роботи обладнання ділянки механічного цеху	58
4.2 Моделювання та оптимізація роботи обладнання ділянки складального цеху	61
Висновки до розділу	65
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНИМ МЕТОДОМ».....	67
5.1 Опис ідеї проекту	67
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту	69
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	70
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	76
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	79
Висновки до розділу	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	86
ДОДАТКИ	91
Додаток А – Схеми алгоритмів	92
Додаток Б – Текст програми	98
Додаток В – Креслення деталі «Ротор»	108
Додаток Г – Креслення «Газовий датчика»	111

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВС – виробнича система;

ГВС – гнучка виробнича система;

ЧПК – числове програмне керування;

ЕОМ – електронно обчислювана машина;

АСУ ТП – автоматизовані системи управління технологічними процесами;

ТП – технологічний процес;

АСУВ – автоматизовані системи управління виробництвом;

ПЗ – програмне забезпечення;

БД – бази даних;

СМ – система моделювання;

САПР – система автоматизованого проектування.

ВСТУП

Актуальність дослідження. Однією з найбільш значних проблем технологічного розвитку сучасного приладобудування є завантаження роботи технологічного обладнання в умовах автоматизованого виробництва, що не дозволяє збільшити продуктивність виготовлення виробів та зменшити витрати на виробництво.

У зв'язку з розвитком автоматизованого виробництва деталей з'являються нові, більш високі вимоги до часу, який необхідний для виконання операцій при заданому порядку завантаження виробничого процесу.

За допомогою вдосконалення технологічних процесів шляхом оптимального завантаження обладнання виробничої системи дозволяє зменшити час виконання операцій. Застосування нових методів розв'язання задачі моделювання та оптимізації роботи виробничих систем. Вони мають велике значення, оскільки практичне застосування оптимізаційних методів для створення оптимальної структури виробничої системи дозволить зменшити витрати на виробництво, а отже знизити собівартість виготовлення виробів, не вкладаючи значних коштів в переоснащення обладнання, розробку технологічного оснащення тощо. Отже, оптимізація завантаження технологічного обладнання є актуальною проблемою в сучасному приладобудуванні. Ця проблема вирішується шляхом моделювання роботи виробничої системи.

Мета дослідження: моделювання і оптимізація роботи технологічного обладнання в умовах автоматизованого виробництва, що забезпечує максимальну продуктивність виготовлення виробів.

Об'єкт дослідження: виробничий процес.

Предмет дослідження: структурно-логічний метод моделювання складних систем.

Завдання дослідження:

- виконати аналіз стану питання математичного моделювання та оптимізації роботи виробничих систем;
- обґрунтувати вибір ефективного методу моделювання та оптимізації роботи виробничих систем;
- розробити методику моделювання та оптимізації виробничих систем в приладобудуванні;
- розробити алгоритми моделювання та оптимізації виробничих систем за обраним методом та їх програмно реалізувати;
- виконати практичну апробацію запропонованої методики при розв’язанні задач моделювання та оптимізації виробничих процесів в приладобудуванні;
- створити стартап-проект «Система моделювання виробничого процесу структурно-логічним методом».

Наукова новизна полягає в наступному:

- методика оптимізації завантаження обладнання виробничих систем в приладобудуванні на основі використання структурно-логічного методу;
- математична модель роботи обладнання виробничої ділянки механічного цеху обробки деталі «ротор трещіточний»;
- математична модель роботи обладнання ділянки складання газового лічильника.

Практична корисність:

- алгоритм і програма моделювання та оптимізації складних систем з використанням структурно-логічного методу;

- надано методичні рекомендації з використання створеної програми моделювання та оптимізації виробничих систем;
- результати моделювання роботи виробничої дільниці механічного оброблення деталі «Ротор трещіточний»;
- результати моделювання роботи дільниці складального цеху при складання газового лічильника;
- результати створеного стартап-проекту за темою дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи, що включені до дисертації доповідалися та обговорювалися на конференціях: XI науково-практична конференція студентів, аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», м. Київ, НТУУ «КПІ», 15-16 травня 2018 р.; XIV Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», м. Київ, НТУУ «КПІ», 4-5 грудня 2018 р.; III Всеукраїнська науково-практична конференція «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку» 11-12 жовтня 2018 р.; XVII міжнародна науково-практична конференція «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», м. Чернігів, 01-03 листопада 2017 р.; XX Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос», м. Дніпро, НЦАО, 11-13 квітня 2018р.

Публікації. Матеріали, що входять до дисертації були опубліковані в наукових статтях: збірник статей XI науково-практичної конференції студентів, аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», м. Київ, НТУУ «КПІ», 15-16 травня 2018 р.; збірник праць XIV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», м. Київ, НТУУ «КПІ», 4-5 грудня 2018р., а також

опубліковані в тезах: збірник тез доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку», м. Луцьк, 11-12 жовтня, 2018 р.; збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», м. Чернігів, 01-03 листопада, 2017 р., збірник тез доповідей XX Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», м. Дніпро, НЦАО, 11-13 квітня 2018р.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СТАНУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА ПОСТАНОВКА
ЗАДАЧІ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Моделювання технологічних процесів – це головний елемент в розробці технології, яка безпосередньо впливає на використання ресурсів, залучених у виробничому процесі. Нажаль, на сьогоднішній день не існує єдиної методики моделювання виробничих систем в цілому, тому для моделювання роботи систем конкретного виду застосовують різні математичні моделі. Це потребує їх аналізу на основі великої кількості літературних джерел.

В [1] описано один із прикладів використання структурно-логічного методу. Основною метою в роботі є зменшення кількості аварій, що пов'язані з економічними втратами за рахунок недосконалого технологічного процесу. У статті авторами пропонується алгоритм проведення якісного аналізу безпеки і надійності систем, технологічних процесів, а також ймовірного ризику та можливих втрат, шляхом використання спеціального методу аналізу, який спрямований на зменшення ймовірності аварій і нещасних випадків, людських жертв і економічних втрат. В роботі розглянуто основні переваги запропонованого методу, наведено систему та складові елементи, причини відмови складових елементів, запропонована процедура побудови даного методу, наведені формули для розрахунків.

У [2] розглянуто особливості організації потокового машинобудівного виробництва в сучасних умовах, загальні основи створення автоматизованої системи оперативного управління ним, окремі прийоми оптимізації оперативно-календарних параметрів, що регулюють хід потокового виробництва. Метою публікації є обґрунтування вибору критерію оптимізації розкладу роботи

гнучких поточкових ліній, аналітичне дослідження методів формування розкладу функціонування гнучких поточкових ліній (ГПЛ) і розробка на їх основі комплексного підходу щодо здійснення оптимізації за умови як незмінної, так і довільної черговості запуску партій деталей на окремих робочих місцях, узагальнення методів розрахунку тривалості виробничого циклу обробки партії деталей кожного найменування та тривалості виробничого циклу обробки партії деталей на гнучких поточкових лініях з врахуванням кількості груп, доцільності застосування режимів перервності у роботі. Аналітичний метод розрахунку і оптимізації тривалості виробничого циклу виготовлення деталей (збирання складальних одиниць) доцільно реалізувати в автоматизованому варіанті розрахунків з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки.

У статті [3] розглядаються питання вибору ефективного методу моделювання роботи виробничих систем. В якості такого методу пропонується використовувати мережі Петрі. Наведено узагальнений алгоритм моделювання та оптимізації завантаження обладнання виробничої системи й результати апробації запропонованої методики. Результати випробувань системи на реальних технологічних процесах в реальних виробничих умовах показали, що її використання забезпечує значне скорочення часу виготовлення деталей приладів та виробів в цілому. Таким чином з'являється можливість економити матеріальні та фінансові ресурси, що відображається на кінцевій вартості виробів, що виготовляються.

В [4] розглянуто питання вибору методів моделювання та оптимізації завантаження обладнання виробничих систем довільної структури. Встановлено, що для моделювання роботи виробничої системи доцільно використовувати структурно-логічний метод і для оптимізації завантаження її обладнання – метод гілок і меж. Розроблено автоматизовану систему, що реалізує вказані методи моделювання та оптимізації, наведено приклад

використання автоматизованої системи. Розроблена система математичного моделювання виробничих систем та оптимізації її параметрів, що реалізує структурно-логічний метод, дозволяє автоматизувати процес виконання розрахунків і таким чином вибрати оптимальну структуру виробничої системи та її параметри на стадії технологічної підготовки виробництва.

В авторефераті [5] вказано, що об'єктивною закономірністю сучасного етапу промислового розвитку є розширення областей застосування складних систем з мережевою структурою (МС). Ефективний імовірнісний і детермінований структурний аналіз СС необхідний для підвищення якості підготовки та обґрунтування проектних і експлуатаційних управлінських рішень. У дисертації розглянуто одне з перспективних напрямків реалізації технології комплексного аналізу (моделювання і розрахунку показників) - методологія розвитку існуючого загального логіко-імовірнісного методу на новий для нього клас задач детермінованого (НЕ імовірнісного) аналізу МС і її реалізація в експериментальному зразку програмного комплексу автоматизованого структурно-логічного моделювання складних систем логіко-імовірнісними і детермінованими методами.

У доповіді [6] наведені умови та послідовність моделювання віртуальних виробничих систем у розподілених виробничих системах, що дозволяє забезпечувати їх найвищі показники ефективності: задані продуктивність виробництва та якість готової продукції, мінімальну собівартість останньої та оптимальне завантаження обладнання. Віртуальними виробничими системами (ВВС) називають системи, розроблені на базі розподілених виробничих систем (РВС) – автоматизованих цехів, ліній, ділянок, осередків, модулів, що можуть відноситись до різних підприємств, але об'єднуються у загальний комплекс для найбільш ефективного та якісного виконання виробничого завдання (ВЗ). Оскільки попередньо інформація про такі системи зберігається тільки у пам'яті

комп'ютера, то вони називаються віртуальними. Впровадження (ВВС) дозволяє суттєво підвищити ефективність виробництва й одержувати прибуток навіть тим підприємствам, що не можуть у повному обсязі виконувати ВЗ, раціонально використовувати їх виробничі потужності та робітників. Але використання ВВС доцільно лише при достатній щільності виробничих ресурсів в межах певного регіону.

У книзі [7] досконало описано загальні положення та принципи формування організаційного проекту виробництва. Передумови та сутність організаційного проектування. Головна мета організаційного проектування полягає в побудові раціональних схем поєднання в просторі і часі всіх складових виробничого процесу.

У посібнику [8] розглянуто проблеми організації імітаційного моделювання систем на персональних комп'ютерах, дані рекомендації з методики, основним етапам і технології машинного моделювання. Детально розглянуті питання практичної реалізації моделей систем на ЕОМ як в лабораторному практикумі, так і при виконанні курсових робіт.

У [9] описано широке використання АСУ (автоматизована система управління) обумовлене бажанням людства автоматизувати свою роботу з метою оптимізації та полегшення праці. На підприємствах з підвищеними ризиками небезпеки виключення участі людини у технологічних процесах є необхідністю, а не примхою. Метою даної дисципліни є вивчення теоретичних основ побудови сучасних АСУ, методів і засобів моделювання та дослідження АСУ. Завдання дисципліни полягає: у набутті студентами знань, умінь і здатностей (компетенції) щодо основних напрямків і принципів побудови АСУ, оволодіння методами моделювання та дослідження АСУ, зокрема ознайомити студентів із загальними відомостями про класифікацію сучасних АСУ та їх структурою, принципами, стадіями проектування, порядком оцінки

ефективності розроблених систем й сформувати загальний науковий підхід до побудови нових та реорганізації існуючих АСУ.

Важливим завданням автоматизації [10] є отримання та опрацювання інформації про стан усіх ланок виробничого процесу, систем керування процесами виробництва, обліку продукції та оперативного планування її випуску, яка на даному етапі вирішується за допомогою ЕОМ. На основі аналізу та синтезу технологічних процесів автоматизованого виробництва, тобто знань технологічних основ автоматизації, проектування автоматичних машин і гнучких комплексів, необхідні знання й уміння щодо вибору автоматизованого технологічного процесу за критеріями високої продуктивності та якості. Автоматизація виробничих процесів висвітлює результати теоретичних та експериментальних досліджень в галузі створення і впровадження у виробництво автоматичного обладнання різноманітного призначення, а саме технічних засобів транспортування та подачі на технологічні операції, обладнання виробництва та зміцнення виробів, автоматичних ліній, систем автоматичного керування.

Процес оптимізації, що представлено в [11] лежить в основі усієї інженерної діяльності, оскільки класичні функції інженера полягають у тому, щоб, з одного боку, проектувати нові, більш ефективні і менше дорогі технічні системи і, з іншого боку, розробляти методи підвищення якості функціонування існуючих систем.

Методи оптимізації ефективно застосовуються при проектуванні і керуванні технологічними процесами. При проектуванні технологічних процесів і виробництв, а також систем керування вибираються найкращий метод виробництва, схема виробництва, технологічний режим, варіант системи керування. При експлуатації технологічних процесів і виробництв бажано забезпечити найкращий технологічний режим за допомогою оптимальної

системи керування. При формулюванні задачі оптимізації можна виділити ряд послідовних етапів: визначення меж системи; вибір критерію оптимальності; вибір незалежних змінних; побудова математичної моделі системи.

В [12] розглянуто базові положення про послідовні, паралельні, послідовно-паралельні та паралельно-послідовні системи. Для кожного з попередніх типів роз'яснена постановка задачі системи, правильність вибору початкових даних, значимість обраних даних, розрахунок та аналіз швидкодії системи, розрахунок та аналіз завантаження системи. Окрім цього, тут широко розписана багатозначна логіка та основні методи вирішення даної логіки. Основою усіх обчислень у даній роботі є обрахування із поступовим сортуванням логічних визначників, що в результаті будуть складати матриці даних.

Для того щоб мати повне уявлення про системи, було розглянуто основні типи систем масового обслуговування [13]. Системи масового обслуговування є двобічними, це означає, що система повинна працювати для багатьох користувачів та вхідних даних, але водночас повинна бути зрозумілою та простою для керування чи редагування великою кількістю користувачів. В даній книзі роз'яснені загальні положення, наведені основні визначення, зроблено огляд усіх характеристик для масових систем, а також наведені декілька математичних моделей – як приклади застосування.

Праця автора [14] є більш точнішим доповненням до поняття системи масового обслуговування. Представлено загальний вигляд моделі, закони збереження, обслуговування за пріоритетом, поняття пріоритету за часом. Обчислювальні системи колективного використання з численним доступом. Це не замінне джерело інформації, якщо вам необхідно дослідити чи застосувати масові системи обслуговування у тій чи іншій сфері.

У [15] викладаються методи побудови та аналізу математичних моделей , що використовуються для опису процесів планування виробництва та оперативного управління.

Основна увага приділяється постановці завдань , що враховує специфіку роботи підприємства і його підрозділу в реальних умовах. Книга призначена як для первинного ознайомлення з основними способами математичної формалізації (об'ємне та мережеве планування) , так і для поглибленого вивчення ряду спеціальних проблем , особливо питання про вплив інформаційних чинників на економічну ефективність управління .

Також розглянуті типи моделей та основні поняття. Розкриті об'ємні детерміновані моделі та планування на основі оперативно-мережевих моделей. Представлені властивості задач математичного програмування з елементами необхідної теорії.

Для подальшого етапу слід мати уявлення про автоматизовані системи управління підприємствами [16]. А саме про складання технічного проекту АСУВ, робоче проектування АСУВ, впровадження АСУВ. Про основні підсистеми: підсистема техніко-економічного планування, підсистема оперативно-виробничого планування, підсистема планування та управління матеріально-технічним постачанням.

Робота [17] присвячено систематичному викладу загальних ідей і практичних методів імітаційного моделювання складних систем різного призначення, що функціонують в умовах дії випадкових факторів. З цього джерела є можливість отримати інформацію в наступних напрямках: складні системи, математичні моделі, моделювання випадкових процесів, моделювання систем масового обслуговування, моделювання дискретних виробничих процесів, моделювання неперервних виробничих процесів, моделювання

автоматизованих систем управління, що ми і використали у ролі підготовчого матеріалу.

Згідно з [18] моделювання завантаження та оптимізації на пряму зв'язано із нормуванням часу, тому цікавими будуть основні напрямки наукової організації праці, складові частини виробничого процесу, структура і класифікація витрат робочого часу і методи їх вивчення, структура і складові частини технічно обґрунтованої норми часу і методи технічного нормування. А також методика складання технічних нормативів для різних видів робіт разом із організацією техніко-нормувальної роботи на промислових підприємствах.

В [19] розглянуто наближені варіації можливих систем наукових знань. Контекст дослідження систем управління разом із абстрактно-логічним інструментарієм дослідження систем управління, в тому числі були переглянуті деякі алгоритми системного аналізу на базі експериментальних досліджень та їхнім управління даними.

Автор [20] дає загальний опис мови програмування C++, це є найкращим вибором для вивчення, закріплення та використання C++ на базовому рівні. Видання описує ключові поняття і основні прийоми програмування, приведені приклади використання основних принципів об'єктно-орієнтованого програмування такі як спадковість, інкапсуляція та поліморфізм. Головною перевагою використання об'єктно-орієнтованої мови програмування є використання абстракції даних, що дозволяє значно спростити використання прикладних аспектів програмування, наприклад, як в даній роботі, програмування математичного моделювання технологічного процесу.

В [21] розглянуто основні положення теорії моделювання процесів функціонування складних систем. Викладено методи формування на ЕОМ реалізації випадкових подій, величин, векторів, функцій і потоків. Розглянуто моделювання дискретних систем, що описуються ланцюгами Маркова,

ймовірними автоматами та системами масового обслуговування. Основну увагу приділено імітаційному моделюванню, описані методи планування експериментів, обробки та оцінки точності результатів моделювання. Матеріал супроводжується алгоритмами функціонування систем.

1.1. Виробничі системи в приладобудуванні, характеристики і особливості їх функціонування

Виробнича система - це система виробництва продукції, яка динамічно функціонує у просторі й часі. Вона становить сукупність виробничих процесів, об'єктів і суб'єктів виробництва, що утворює складну інтегровану систему з певними функціональними та структурними ознаками, які поєднані для досягнення спільної мети.

Обов'язковими компонентами виробничої системи є вхід, виробничий процес, вихід і зворотний зв'язок. Вхідний компонент забезпечує функціонування системи через постачання їй необхідних ресурсів - сировини, матеріалів, енергії, працівників і т.д. Виробничий процес спрямований на сполучення основних ресурсів і перетворення сировинних ресурсів у нову продукцію. Вихідний компонент системи становить результат функціонування системи у вигляді її кінцевого продукту. Виробничій системі властиві певні структура, поведінка, еволюція.

Виробничі системи належать до складних систем, характерною рисою яких є багаторівневість (ієрархічність). Причому окремі складові виробничої системи чи її підсистем самі є системами. Вони, своєю чергою, можуть складатися із менших підсистем. Система може мати декілька ступенів ієрархії.

Елементом виробничої системи є складова системи, яка не розчленовується на дрібніші частини. Такими елементами виробничої системи є

працівники, знаряддя, предмети, продукти праці, а також виробничі процеси та їхня організація [22].

Виробничі системи містять такі основні компоненти:

- матеріально-технічні ресурси, до яких включають виробниче обладнання, інструмент, інвентар, оснащення, енергоресурси, основні та допоміжні матеріали;
- технологічні ресурси, які виявляються через технологічні процеси, конкурентоспроможні ідеї, наукові розробки та ін;
- трудові ресурси, які формуються кваліфікаційним складом працівників;
- просторові ресурси, які складаються з виробничих приміщень, території, комунікацій тощо;
- земельні ресурси, які формує земля як основний засіб виробництва або як базис для розміщення виробництва;
- організаційні ресурси, які визначаються структурою виробничої системи, виробничих процесів, системи управління;
- інформаційні ресурси, які формуються на основі системи і характеру інформації, технічних засобів і т.д;
- фінансові ресурси, які показують розмір та стан активів, їхню ліквідність, наявність кредитних можливостей.

Частини виробничої системи можуть самі бути системами і складатися з менших підсистем, які виділяються за ієрархічною, функціональною або технологічною ознаками.

Підсистема виробничої системи - це сукупність взаємопов'язаних елементів, які реалізують певну групу функцій системи або функціонують на певному ієрархічному рівні.

Функціональні елементи системи - це відокремлені частини системи, які при їхній безпосередній взаємодії створюють систему певного функціонального призначення.

Характерні особливості організації виробничих систем можна визначити на підставі встановлених єдиних характеристик типів виробництва. Тип виробництва – класифікаційна категорія виробництва, яка враховує такі його властивості, як широта номенклатури, регулярність, стабільність і обсяг випуску продукції [23].

1.2. Стан математичного моделювання та оптимізації роботи виробничих систем

Ефективним вирішенням поставленої задачі є моделювання розроблених систем із використанням засобів обчислювальної техніки, але на даному шляху є деякі труднощі. Виробничі системи, що існують в реальному світі представлені у вигляді складної системи, моделювання яких звичайними методами вимагає затрати великої кількості часу.

Побудова математичних моделей можна реалізувати декількома підходами: експериментальний та аналітичний. При залученні експериментального підходу враховуються вхідні та вихідні характеристики реального об'єкту. При отриманні висновків складається рівняння, що називається рівнянням залежності цільової функції від вхідних величин, тобто характеристик. Дані моделі доцільно використовувати тільки для виконання оптимізації, а також автоматизації керування. Експериментальні підходи побудови математичних моделей в свою чергу поділяються на дві основні групи: пасивні та активні. До пасивних методів відносяться такі випадки коли необхідно зареєструвати природні або випадкові коливання параметрів

відповідно до сталого режиму. В даних методах опис ведеться за допомогою методів математичної статистики і тільки багатовимірних систем. До активних методів можна віднести реєстрацію зміни вихідних параметрів, що є реакцією на спеціально задіяні збудження по декільком або ж по одному вхідному параметру. Для обробки вище наведених експериментів часто використовують методи дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу. Нажаль в експериментальних методах існує значно недоліків. Дані методи вимагають великої кількості даних проведених експериментів, а також значних витрат. В результаті проведення експериментів вдається тільки незначне спрощення складних змінних процесів, що зменшує ефективність даного методу.

Що стосується аналітичного підходу побудови математичних моделей, то цей метод має велику можливість отримати в результаті математичний опис процесу на основі аналізу процесів, що відбуваються в об'єкті. Даний підхід є досить універсальним так, як він дуже широко застосовується в різних областях дослідження. Аналітичний підхід є дуже інформативним, він дозволяє зрозуміти механізм досліджуваного процесу, є досить ефективним та економічно вигідним[24].

Відповідно до [21] види моделювання ділять на стохастичні і детерміновані, динамічні та статичні, дискретні, неперервні та дискретно-неперервні. Стохастичне моделювання показує імовірність процесів та подій. В даному виді проводять аналіз набору реалізації випадкового процесу та проводиться оцінка характеристик. Детерміноване моделювання описує процеси, що передбачають повну відсутність будь-яких впливів, а саме детерміновані процеси. Статичне моделювання застосовують, щоб виконати опис поведінки об'єкту в будь-який час. Неперервне моделювання надає змогу показати неперервні процеси. Дискретне моделювання застосовують для опису дискретних процесів в системах моделювання. Що до дискретно-неперервного

моделювання, то його використовують тоді, коли потрібно виявити наявність і дискретних, і неперервних процесів.

Моделювання можна поділити залежно від форми представлення об'єкта на два види: уявне та реальне.

Уявне моделювання дозволяє моделювати об'єкти, що не можна реалізувати в заданому проміжку часу або, що існують за межами вказаного інтервалу, які є необхідними для фізичного створення об'єктів. За допомогою уявного моделювання можна виконати аналіз різних ситуацій, які не підлягають фізичному експерименту. Уявне моделювання поділяють на: наочне, символічне та математичне. У випадку наочного моделювання велике значення має створення макетів. Уявний макет застосовують як попереднє моделювання перед тим, як проводять інші види моделювання. При використанні символічного виконують штучний процес створення логічного об'єкта, що описую основні властивості реального процесу за допомогою спеціальних знаків та символів, тобто замінюють ними реальний процес. При дослідженні будь-якої виробничої системи математичними методами моделювання, необхідно обов'язково будувати математичну модель. Математичне моделювання – це процес знаходження відповідності властивостей даного реального об'єкта властивостям деякого математичного об'єкта, що називається математичною моделлю, а також дослідження цієї моделі. Математичне моделювання для дослідження характеристик процесу функціонування різних систем має декілька різновидів, а саме: аналітичне, імітаційне і комбіноване.

Для аналітичного методу моделювання характерним є, процеси функціонування елементів системи записують у вигляді функціональних співвідношень (алгебраїчних, диференціальних та ін.).

При використанні імітаційного моделювання алгоритм, що реалізує модель, виконує процес функціонування системи в часі, а також імітується

набір елементарних явищ, що складають процес. Основною перевагою даного моделювання в порівнянні з аналітичним є можливість вирішення складних задач. Моделі імітації дозволяють просто враховувати фактори: наявність дискретних і неперервних елементів, нелінійні характеристики елементів системи, випадкові величини, що часто є неможливим при аналітичному моделюванні.

Метод імітаційного моделювання дає можливість розв'язувати задачі аналізу складних систем. Воно також може бути основою для структурного, алгоритмічного та параметричного синтезу великих систем.

Використання комбінованого (аналітично-імітаційне) моделювання при аналізі системи дозволяє поєднувати переваги аналітичного та імітаційного моделювання. При даному методі побудови моделей здійснюється попередня декомпозиція процесу функціонування об'єкта на підпроцеси.

Реальне моделювання використовують для дослідження різноманітних характеристик або на реальному цілому об'єкті, або на його частині. Це моделювання є найбільш адекватним, але його можливості є обмежені [21, 25]. На рисунку 1.1 представлена класифікація видів моделювання.

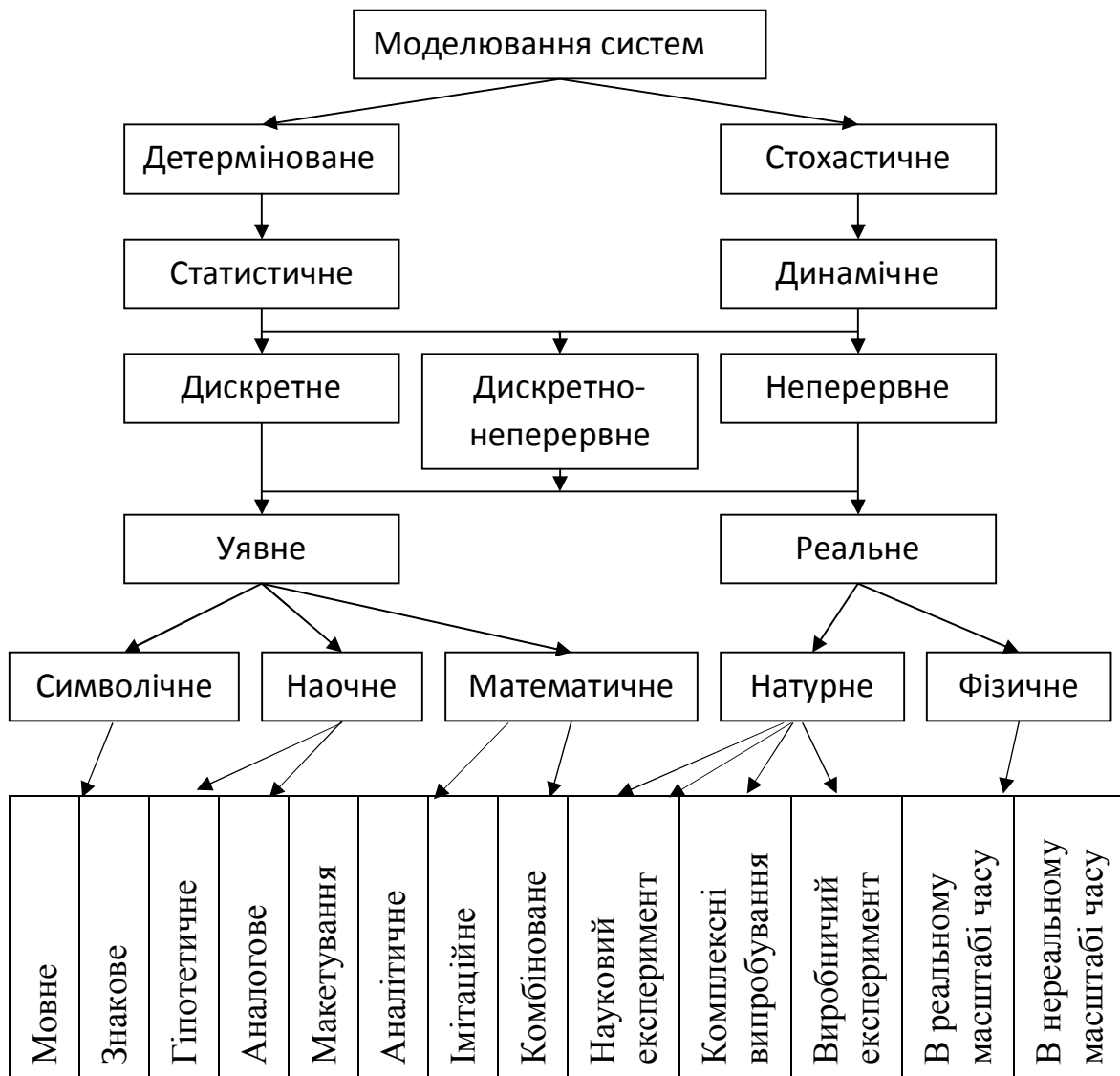


Рис. 1.1. Класифікація видів моделювання.

Питання вибору методів моделювання та оптимізації завантаження обладнання виробничих систем довільної структури є дуже складним і потребує значного аналізу та вивчення. Встановлено, що для моделювання роботи виробничої системи доцільно використовувати структурно-логічний метод і для оптимізації завантаження її обладнання – метод гілок і меж. Розроблено

автоматизовану систему, що реалізує вказані методи моделювання та оптимізації, наведено приклад використання автоматизованої системи. Розроблена система математичного моделювання виробничих систем та оптимізації її параметрів, що реалізує структурно-логічний метод, дозволяє автоматизувати процес виконання розрахунків і таким чином вибрати оптимальну структуру виробничої системи та її параметри на стадії технологічної підготовки виробництва [4].

Умови та послідовність моделювання віртуальних виробничих систем у розподілених виробничих системах, що дозволяє забезпечувати їх найвищі показники ефективності: задані продуктивність виробництва та якість готової продукції, мінімальну собівартість останньої та оптимальне завантаження обладнання. Віртуальними виробничими системами (ВВС) називають системи, розроблені на базі розподілених виробничих систем (РВС) – автоматизованих цехів, ліній, ділянок, осередків, модулів, що можуть відноситись до різних підприємств, але об'єднуються у загальний комплекс для найбільш ефективного та якісного виконання виробничого завдання (ВЗ). Оскільки попередньо інформація про такі системи зберігається тільки у пам'яті комп'ютера, то вони називаються віртуальними. Впровадження (ВВС) дозволяє суттєво підвищити ефективність виробництва й одержувати прибуток навіть тим підприємствам, що не можуть у повному обсязі виконувати ВЗ, раціонально використовувати їх виробничі потужності та робітників. Але використання ВВС доцільно лише при достатній щільності виробничих ресурсів в межах певного регіону [6].

Особливості організації потокового машинобудівного виробництва в сучасних умовах, загальні основи створення автоматизованої системи оперативного управління ним, окремі прийоми оптимізації оперативно-календарних параметрів, що регулюють хід потокового виробництва. Метою публікації є обґрунтування вибору критерію оптимізації розкладу роботи

гнучких потокових ліній, аналітичне дослідження методів формування розкладу функціонування гнучких потокових ліній (ГПЛ) і розробка на їх основі комплексного підходу щодо здійснення оптимізації за умови як незмінної, так і довільної черговості запуску партій деталей на окремих номерах робочих місць, узагальнення методів розрахунку тривалості виробничого циклу обробки партії деталей кожного найменування та тривалості виробничого циклу обробки партії деталей на гнучких потокових лініях з врахуванням кількості груп, доцільності застосування режимів перервності в роботі. Аналітичний метод розрахунку і оптимізації тривалості виробничого циклу виготовлення деталей (збирання складальних одиниць) доцільно реалізувати в автоматизованому варіанті розрахунків з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки [2].

Об'єктивною закономірністю сучасного етапу промислового розвитку є розширення областей застосування складних систем з мережевою структурою (МС). Ефективний імовірнісний і детермінований структурний аналіз СС необхідний для підвищення якості підготовки та обґрунтування проектних і експлуатаційних управлінських рішень. У дисертації розглянуто одне з перспективних напрямків реалізації технології комплексного аналізу (моделювання і розрахунку показників) - методологія розвитку існуючого загального логіко-імовірнісного методу на новий для нього клас задач детермінованого (НЕ імовірнісного) аналізу МС і її реалізація в експериментальному зразку програмного комплексу автоматизованого структурно-логічного моделювання складних систем логіко-імовірнісними і детермінованими методами [5].

1.3. Постановка задачі дисертаційного дослідження

З аналізу сучасного стану і практики досліджень процесів та методів оптимізації роботи технологічного обладнання можна зробити висновки:

- моделювання технологічних процесів – це головний елемент в розробці технології виробництва;
- не існує єдиної методики моделювання виробничих систем в цілому;
- проведено недостатню кількість досліджень для вирішення головної задачі автоматизації виробництва;
- вирішення даної задачі можна здійснити за рахунок структурно-логічного методу моделювання.

Моделювання роботи технологічного обладнання вимагає теоретичних та експериментальних досліджень відповідними способами. Задачею дослідження є моделювання та оптимізація роботи технологічного обладнання в умовах автоматизованого виробництва.

Отже, на основі проведеного аналітичного огляду джерел та висновків можна стверджувати про доцільність проведення даного наукового дослідження. В даній дисертаційній роботі метою є створення методики оптимізації завантаження технологічного обладнання виробничих систем в приладобудуванні шляхом використання структурно-логічного методу.

Для вирішення поставленої задачі необхідно виконати такі етапи:

- виконати аналіз стану проблеми математичного моделювання та оптимізації роботи виробничих систем;
- обрати ефективний метод оптимізації завантаження обладнання виробничих систем різної структури (послідовної, паралельної, послідовно-паралельної);

- розробити алгоритми модулів математичного моделювання та оптимізації завантаження обладнання виробничих систем;
- розробити програму математичного моделювання та оптимізації завантаження обладнання виробничих систем;
- виконати практичну апробацію системи моделювання та оптимізації роботи технологічного обладнання в умовах автоматизованого виробництва.

РОЗДІЛ 2.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основні схеми роботи виробничих систем

Виробничі системи можуть утворювати структури, що можливо реалізувати різними схемами, а саме – послідовними, паралельними, паралельно-послідовними, послідовно-паралельними. Схеми даних структур представлені на рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 відповідно [12].

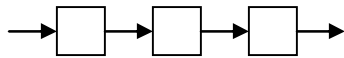


Рис. 2.1. Схема послідовної структури системи.

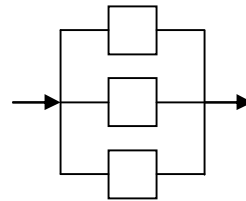


Рис. 2.2- Схема паралельної структури системи.

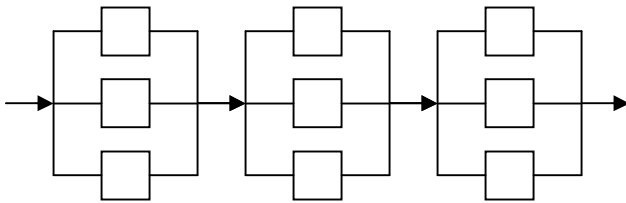


Рис. 2.3- Схема послідовно-паралельної структури системи.

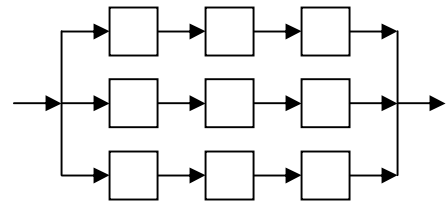


Рис. 2.4- Схема паралельно-послідовної структури системи.

За режимом подачі робіт системи обслуговування можна поділити на:

- 1) системи з очікуванням і без очікування;
- 2) системи з вільним і примушеним за часом надходженням робіт;
- 3) конвеєрні і неконвеєрні;
- 4) системи зі стаціонарним і нестаціонарним потоком робіт;
- 5) системи з однієї і з декількома роботами.

До систем з очікуванням (без очікування) відносяться ті, у яких роботи після закінчення попередньої операції очікують звільнення блоку, що виконує наступну операцію (негайно передаються у вільний блок, що виконує

наступну операцію). У системі з вільним за часом надходженням робіт усі роботи є в наявності вже в початковий момент $t = 0$ запуску системи, тому моменти фактичної появи робіт не вказуються. Роботи надходять у систему для їхнього виконання відповідно до наявності в ній вільних блоків. У системах із примусовим за часом надходженням робіт останні з'являються в задані моменти часу, у загальному випадку більш пізні, чим момент $t = 0$ запуску системи. Тут роботи подаються в систему лише після своєї появи і при наявності в ній вільних блоків. До конвеєрного відносяться системи, у яких порядок проходження робіт однаковий на всіх операціях, а до неконвеєрних – інші системи. У системах зі стаціонарним потоком робіт параметри потоку не змінюються з часом, а в системах з нестаціонарним потоком – змінюються.

2.2. Вибір ефективної методики моделювання виробничих систем

Нажаль на сьогоднішній день не існує єдиної методики моделювання виробничих систем в цілому, тобто таких, які б адекватно і з достатньою точністю описували б параметри виробничих систем різної структури та природи. Тому для моделювання конкретного виду систем, або хоча б декількох близьких за структурою видів застосовують різноманітні математичні методи та моделі, а саме:

- моделі математичного програмування, а саме лінійне програмування та цілочисельне програмування;
- моделі систем масового обслуговування;
- мереживі моделі, що представляють виробничу систему у вигляді графу;
- моделі класичної оптимізації;
- методи планування експерименту та статистичні;

– структурно-логічний метод.

Всі вищенаведені методи та моделі так чи інакше здатні моделювати виробничу систему, але зазвичай кожен з них має свої межі застосування.

Методи лінійного програмування підходять для розв'язання таких задач тільки за умови накладення великої кількості обмежень. Крім того, для їх застосування необхідно мати чіткі співвідношення та залежності, за якими можна було б вирахувати параметри системи. Тому вони можуть застосовуватись як методи оптимізації при створенні добре формалізованої моделі системи для кожного конкретного випадку окремо.

Моделі систем масового обслуговування прийнятні лише для потоків робіт з випадковою їх кількістю та часом проходження, оскільки застосовує апарат теорії ймовірностей. Зазвичай можна розглядати вироджені випадки, коли випадковий потік замінюється потоком з наперед відомими параметрами, тоді ми прийдемо до розгляду детермінованих моделей масового обслуговування, які дуже добре описують процеси, аналогічні тим, які ми намагаємося змоделювати, але такі моделі дуже відрізняються одна від одної для різних типів структур систем.

Моделі, що ґрунтуються на положеннях теорії графів, відрізняються від інших простотою та наочністю представлення як вхідних та вихідних даних, так і структури самої системи, але обчислення за допомогою них, виявляються дуже громіздкими та погано формалізуються, а отже і алгоритмізуються.

Методи класичної оптимізації добре вивчені, широко застосовуються в теоретичних задачах, але мають декілька суттєвих недоліків, зокрема з точки зору моделювання систем при застосуванні даної методики досить важко розробити адекватну цільову функцію, що задовольняла б обмеженням, які існують при застосуванні даного методу та давала б можливість добре

тракувати результати подальших обчислень, зокрема результатів оптимізації моделі.

Статистичні методи теж застосовуються дуже давно і дозволяють визначити фактори, що найбільш впливають на характеристики системи, але потребують великої кількості експериментальних даних і тому скоріше стануть у нагоді для вирішення завдань оптимізації емпіричних процесів, як то процес різання, іскрової обробки і т.д., тобто там, де не можна встановити однозначні залежності між параметрами системи.

Структурно-логічний метод, який і буде розглядатися в даній роботі, позбавлений всіх вищевказаних вад, тобто він прийнятний з точки зору наочності представлення системи та проведення розрахунків її параметрів, досить непогано алгоритмізується, має добру збіжність при застосуванні відповідних методів оптимізації, а також, що найголовніше, придатний для моделювання систем з різними типами структур, а саме з послідовною, паралельною, паралельно-послідовною та послідовно-паралельною. Даний метод дає можливість на основі невеликої кількості дуже схожих один на одного алгоритмів проводити розрахунок, аналіз та синтез оптимальної структури виробничої системи [12, 26, 28-33, 44].

Тобто на основі вищенаведеного можна зробити висновок, що найбільш прийнятним для розв'язання даної задачі буде використання саме структурно-логічного методу моделювання.

2.3. Вибір цільової функції

Якість функціонування будь-яких систем можна оцінити за допомогою тих чи інших характеристик. При цьому кожна характеристика функціонування, як правило, оцінює окрему складову якості функціонування системи, хоча

можливі й узагальнюючі характеристики. Кожному класу систем відповідають свої власні типи характеристик функціонування, хоча є й універсальні характеристики, що відносяться до всіх класів систем. Нижче приводиться короткий перелік типів характеристик із вказівкою оцінюваних ними складових якості функціонування систем. Деякі з цих характеристик - універсальні, інші відносяться до окремих класів систем.

Характеристики швидкодії систем універсальні. Вони оцінюють швидкість функціонування систем. В якості таких характеристик в системах обслуговування використовують звичайно сумарний час виконання системою фіксованої множини робіт чи кількість робіт, виконуваних в одиницю часу (швидкість функціонування системи). В інших системах швидкодія оцінюється аналогічно.

Характеристики завантаження систем також універсальні. Вони оцінюють ступінь зайнятості окремих блоків і сукупності блоків при досягненні мети системи. В якості таких характеристик в системах обслуговування застосовують частку часу, протягом якої блок зайнятий виконанням робіт (середнє завантаження блоку); середню по всіх блоках частку часу зайнятості (середнє завантаження системи) і т.д. В інших системах завантаження оцінюється аналогічно. Завантаження зв'язане зі швидкістю систем у такий спосіб: чим вище завантаження, тим (за інших рівних умов) вище швидкодія.

Характеристики стійкості систем оцінюють кількісно здатність довільної системи продовжувати правильно функціонувати (хоча і з гіршою швидкістю, завантаженням і т.д.) при виникненні відмов у блоках. Для оцінки стійкості звичайно застосовують максимальне число блоків, при одночасній відмові яких ще зберігається правильність функціонування системи. Стійкість, як і швидкодія і завантаження, є універсальною характеристикою системи.

Характеристики витрат у системах показують узагальнені витрати (фінансові, матеріальні, енергетичні і т.д.), необхідні для нормального функціонування системи. Для систем обслуговування такими характеристиками можуть служити сумарні витрати на виконання системою фіксованої множини робіт; питомі витрати, що приходяться на одну виконану роботу чи на одиницю часу функціонування системи і т.д. Витрати не є універсальною характеристикою функціонування системи. Вони відносяться в основному до технічних, організаційно-економічних і виробничих систем.

Характеристики доходу в системах оцінюють узагальнений дохід (фінансовий, матеріальний і т.д.), що з'являється в результаті функціонування системи. У системах обслуговування цими характеристиками можуть бути сумарний дохід, що з'являється в результаті виконання фіксованої множини робіт; питомий дохід, що приходиться на одну виконану роботу чи на одиницю часу функціонування системи і т.д. Дохід - не універсальна характеристика систем. Вона відноситься лише до організаційно-економічних систем.

Характеристики ефективності систем є узагальнюючими характеристиками, що зводять воедино оцінки всіх розглянутих вище окремих складових якості функціонування систем. Ефективність системи показує ступінь досягнення поставленої мети функціонування системи. За характеристику ефективності найчастіше приймають імовірність досягнення мети системи. Ефективність – універсальна характеристика функціонування систем [12].

В даній роботі в якості цільової функції використовується характеристика швидкодії, що в загальному випадку має вигляд $T(m,n) = A^\vee \rightarrow \min$, де

A^\vee - логічний визначник матриці часів виконання операцій $A = \|a_{ij}\|$.

2.4. Визначення обмежень на область припустимих рішень задачі

Існує ряд обмежень структури вхідних даних, а саме:

- до розгляду беруть цілком фіксовані структури систем чотирьох вищезазначених типів: послідовні, паралельні, паралельно-послідовні та послідовно-паралельні;
- система має цілком фіксовану кількість блоків, крім того, звичайно кількість блоків визначається цілим числом;
- до системи поступає чітко визначена кількість робіт, кількість яких теж є цілечисельною;
- кожен блок системи виконує певну роботу за певний час, тоді матриця часу виконання робіт є вхідними даними для розрахунків параметрів системи.

Також слід брати до уваги наступні припущення, а саме:

- абсолютна надійність усіх блоків системи обслуговування;
- для кожної роботи задається безліч складових її операцій, порядок виконання яких пропонується деяким заданим відношенням порядку, причому кожна операція має не більше однієї попередньої й однієї наступної операцій;
- у будь-якій роботі одночасно може виконуватися не більше однієї операції;
- у будь-який момент часу кожен блок може виконувати не більше однієї операції.

2.5. Побудова математичних моделей виробничих систем

Одним із підвидів знакових моделей є математичні моделі. Математична модель фізичного об'єкту [5] (системи, процесу) – це сукупність математичних співвідношень (рівнянь, формул, графічних співвідношень, нерівностей), що

пов'язують вихідні характеристики стану фізичного об'єкту з вхідною інформацією, початковими даними, геометричними (просторовими та іншими) обмеженнями, що накладаються на функціонування об'єкту.

Математична модель знаходиться у певній відповідності з фізичним об'єктом і здатна замінити його з тією метою, щоб вивчення та дослідження моделі давало нову інформацію про поведінку об'єкту (механізм протікання процесів, динаміку, поведінку об'єкту як в минулому так і в майбутньому тощо).

Математична модель описує реальний об'єкт або процес завжди наближено, з певною точністю. Наближеність математичної моделі пояснюється прийнятими при її побудові припущеннями і обмеженнями, метою яких є спростити модель, зробити її зручною для використання та обчислень, полегшити обчислювальну роботу.

Далі наведено послідовність розрахунку швидкодії системи матричним методом. Відповідно до формул (2.1), (2.2) розрахунок характеристик швидкодії системи зводиться до обчислення її матриці $T = \|t_{qk}\|$ моментів закінчення операцій [12].

$$T(M, n) = \bigvee_{k=1}^n t_{Mk} \quad (2.1)$$

$$T'(r, s) = \bigvee_{k=1}^s t_{rk} \quad (2.2)$$

Алгоритм обчислення матриці T будується на спільному обчисленні матриць $\tau^0, T, \tilde{T}, \tilde{A}$ за допомогою співвідношень.

Послідовність із ряду кроків [12].

Крок 1.

Обчислюємо перші рядки всіх матриць: 1-й рядок матриці \tilde{A} виходить з 1-го рядка заданої матриці A перестановками її елементів відповідно до заданого порядку $P_{1n} = (j_{11}, \dots, j_{1n})$ запуску робіт на 1-у операцію. У 1-у рядку матриці τ^0 перші m_1 елементів – нулі, формула (2.3), так що в 1-у рядку матриці T перші m_1 елементів – це відповідні елементи матриці \tilde{A} , формула (2.4).

$$\tau_{qk}^0 = \begin{cases} 0, & k \leq m_q, \quad |q = \overline{1, M} \\ \left| \begin{array}{c} t_{q1} \\ \dots \\ t_{q, k-1} \end{array} \right|, & m_q + 1 \leq k \leq n, \quad |k = \overline{1, n} \end{cases} \quad (2.3)$$

$$t_{qk} = (\tau_{qk}^0 V \tilde{t}_{q-1, q}) + \tilde{a}_{qk} \quad (2.4)$$

Обчислення наступних елементів в 1-у рядку матриць τ^0 і T ведеться поперемінно. Спочатку за формулою (2.3) обчислюється $(m_1 + 1)$ -й елемент 1-го рядка τ^0 , потім за формулою (2.4) – $(m_1 + 1)$ -й елемент 1-го рядка T , далі знову за формулою (2.3) – $(m_1 + 2)$ -й елемент 1-го рядка τ^0 , потім за формулою (2.4) – $(m_1 + 2)$ -й елемент 1-го рядка T і так далі, доки не обчислимо перші рядки обох матриць. При цьому обчислення логічного визначника ЛВ – стовпця в (2.3) ведеться відповідно до правил обчислення визначників, а формула (2.4) приймає спрощений вигляд (2.5),

$$t_{1k} = \tau_{qk}^0 + \tilde{a}_{1k}, \quad k = \overline{m_1 + 1, n} \quad (2.5)$$

$$\tilde{t}_{qk} = \left| \begin{array}{c} t_{q1} \\ \dots \\ t_{qn} \end{array} \right|^{(k)}, \quad q = \overline{1, M}, k = \overline{1, n} \quad (2.6)$$

що означає справедливість наступного *Правила 1*: будь-який елемент 1-го рядка матриці T дорівнює сумі відповідних йому елементів матриць τ^0 і \tilde{A} . Далі за

формулою (2.6) обчислюємо 1-й рядок матриці \tilde{T} . При цьому підрахунок ЛВ – стовпців в (2.6) призводить до впорядкування елементів t_{1k} вигляду (2.7)

$$t_{qP_{q1}} < t_{qP_{q2}} < \dots < t_{qP_{qn}}, \quad q = \overline{1, M} \quad (2.7)$$

до (2.8)

$$t_{1P_{11}} < t_{1P_{12}} < \dots < t_{1P_{1n}} \quad (2.8)$$

так, що формула (2.6) конкретизується як (2.9)

$$\tilde{t}_{1k} = t_{1P_{1k}}, \quad k = \overline{1, n} \quad (2.9)$$

Нарешті, визначаємо порядок $P_{2n} = (j_{21}, \dots, j_{2n})$ запуску робіт на 2-у операцію, використовуючи формулу (2.10),

$$P_{q+1,n} = P_{qn} |_{P_{q1} \rightarrow 1, \dots, P_{qn} \rightarrow n}, \quad q = \overline{1, M} \quad (2.10)$$

приймаючи тут вигляд (2.11)

$$P_{2,n} = P_{1n} |_{P_{11} \rightarrow 1, \dots, P_{1n} \rightarrow n} \quad (2.11)$$

де P_{1n} – заданий порядок запуску робіт на 1-у операцію, а P_{11}, \dots, P_{1n} – порядкові номери запуску на 1-у операцію робіт, які покидають її послідовно 1-й, ..., n-й по черзі; ці номери знаходяться з нерівностей (2.8).

Крок 2.

Обчислюємо другі рядки всіх матриць: 2-й рядок матриці \tilde{A} виходить з 2 - го рядка заданої матриці A перестановками її елементів відповідно до знайденим на кроці 1 порядком $P_{2n} = (j_{21}, \dots, j_{2n})$ запуску робіт на 2-у операцію. У 2-у рядку матриці τ^0 перші m_2 елементів – нулі, формула (2.3), відповідно в 2-у рядку матриці T перші m_2 елементів визначаються за

наступною конкретизацією формули (2.4), що випливає з (2.3) і справедливою також для подальших рядків(2.12) :

$$t_{qk} = \tilde{t}_{q-1,k} + \tilde{a}_{qk}, \quad k = \overline{1, m_q}, \quad q = \overline{2, M} \quad (2.12)$$

Формула (2.12) показує справедливість такого *Правила 2* : будь який к-й елемент q-го рядка матриці Т при $q \geq 2$ і до $k \leq m_q$ дорівнює сумі відповідного елемента матриці \tilde{A} і розташованого над ним елемента матриці \tilde{T} . Наступні елементи 2-го рядка матриць τ^0 і T ведеться поперемінно: спочатку за формулою (2.3) обчислюється $(m_2 + 1)$ -й елемент 2-го рядка τ^0 , потім за формулою (2.4) – $(m_2 + 1)$ -й елемент 2-го рядка Т , далі знову за формулою (2.3) – $(m_2 + 2)$ -й елемент 2-го рядка τ^0 , потім за формулою (2.4) – $(m_2 + 2)$ -й елемент 2-го рядка Т і так далі. При цьому обчислення логічного визначника ЛВ – стовпця в (2.3) ведеться відповідно до правил обчислення визначників. Формула (2.4) на кроці 2 і наступних кроках , на відміну від кроку 1, включає всі свої члени і означає справедливість наступного *Правила 3*: будь-який елемент рядка матриці Т (де $q \geq 2$) дорівнює максимальному з відповідного йому елемента матриці τ^0 і знаходиться над ним елемента матриці \tilde{T} , складеному з відповідним йому елементом матриці \tilde{A} . Далі за формулою (2.6) обчислюємо 2-й рядок матриці \tilde{T} . При цьому підрахунок ЛВ – стовпців в (2.6) призводить до впорядкування елементів t_{2k} вигляду (2.13)

$$t_{2p_{21}} < t_{2p_{22}} < \dots < t_{2p_{2n}} \quad (2.13)$$

Так, що формула (2.6) конкретизується як (2.14)

$$\bar{t}_{2k} = t_{2P_{2k}}, \quad k = \overline{1, n} \quad (2.14)$$

На закінчення кроку визначаємо порядок $P_{3n} = (j_{31}, \dots, j_{3n})$ запуску робіт на 3-ю операцію, скориставшись для цього формулою (9.10) приймаючи тут вигляд (2.15)

$$P_{3,n} = P_{2n} |_{P_{21} \rightarrow 1, \dots, P_{2n} \rightarrow n} \quad (2.15)$$

У формулі (2.15) P_{2n} – заданий порядок запуску робіт на 2-у операцію, а P_{21}, \dots, P_{2n} – порядкові номери запуску на 2-у операцію робіт, які покидають її послідовно 1-й, ..., n-й по черзі; ці номери знаходяться з нерівностей (2.13).

Крок 3.

Повторюємо *крок 2* для третіх рядків всіх матриць. При цьому використовуємо знайдені на кроці 2 порядок P_{3n} запуску робіт на 3-ю операцію і 2-й рядок матриці \tilde{T} .

Крок M.

Повторюємо *крок 2* для M-х рядків всіх матриць з використанням знайдених на кроці M -1 порядку P_{Mn} запуску робіт на M-ту операцію і (M-1) - го рядка матриці \tilde{T} .

Знайшовши за допомогою викладеного алгоритму матрицю $T = \|t_{qk}\|$, обчислюємо за формулою (2.1) характеристику швидкодії – сумарний час $T(M, n)$ виконання n робіт в M-ступеневій системі. При необхідності можна також за допомогою співвідношення (2.10) знайти порядок $P_{M+1,n}$, виходу робіт із системи [12].

Висновки до розділу

Аналіз різноманітних схем роботи виробничих систем в приладобудуванні показав, що найбільш поширеним видом є послідовно-паралельна система. Для моделювання та оптимізації роботи таких систем доцільно використовувати структурно-логічний метод.

Розроблена методика моделювання роботи виробничих систем в приладобудуванні, що включає вибір цільової функції та обмежень на область допустимих рішень. Наведено основи побудови математичних моделей роботи виробничих систем, що дозволило розробити відповідні алгоритми та програми, які дають можливість розв'язати задачу оптимізації роботи обладнання системи.

РОЗДІЛ 3.

СИСТЕМА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

3.1 Структурна схема системи моделювання та оптимізації

Для реалізації структурно-логічного методу з метою оптимізації роботи обладнання та розподілу робіт розроблена програма, що написана на мові програмування C++.

Програма підтримує принцип роздільного компілювання методів. Структурна схема програми представлена на рисунку 3.1 Тому для зручності вона представлена в вигляді трьох файлів: «main.cpp», «get_arrangement.cpp» та «head.h».

Файл «main.cpp» містить більш прив'язані до мови програмування методи, файл «get_arrangement.cpp» – більш прив'язані до математичної моделі. Заголовний файл «head.h» містить в собі декларації інтерфейсів методів для зв'язку окремих файлів між собою, а також директиви `#include` для підключення зовнішніх модулів STL. Ця програма має зручний графічний інтерфейс і проста у використанні .

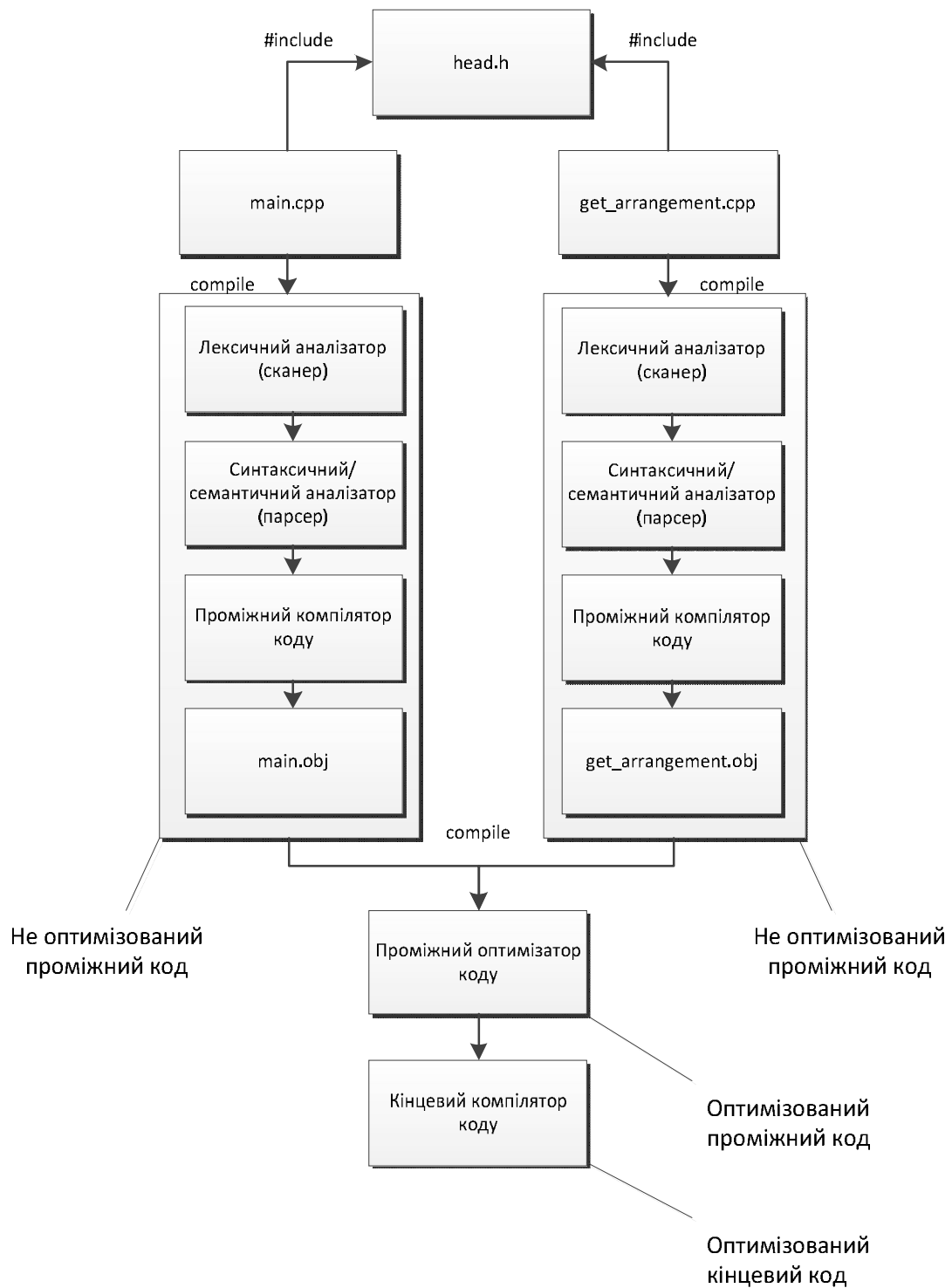


Рис. 3.1. Структурна схема програми оптимізації.

3.2 Інформаційне забезпечення системи

В роботі застосовано інформаційну модель (ІМ) системи як засіб формування уявлення про дані, їх склад і використання в конкретних умовах.

Використовуючи сучасні пакети прикладних програм можна, не використовуючи ІМ, створювати складні бази даних (БД), але якщо ми бажаємо, щоб інформаційна система працювала швидко і займала мінімальний об'єм, не обійтися без попереднього аналізу задачі за допомогою ІМ.

Вхідними даними є інформація, яка вводиться самостійно для виконання необхідних розрахунків. Вхідні дані, при розв'язанні даної задачі, представлено двох типів: змінні та масиви. Змінна представляється однозначним числом, яке використовується в програмі. Масив задається сукупністю декількох або багатьох змінних.

Вхідними даними для розв'язання задачі моделювання та оптимізації будуть:

- m , кількість обладнання на окремій операції;
- n , кількість операцій у даному технологічному процесі;
- $P[0][n]$, матриця порядку завантаження;
- $M[m]$, матриця обладнання;
- $A[m][n]$, матриця часу виконання операцій.

Проміжними даними є тимчасова інформація, яка необхідна лише для поступового розрахунку кінцевого результату. До проміжних даних відносяться чотири масиви, що призначені для отримання кінцевих результатів.

Кожен із масивів поступово розраховується та доповнює відповідні матриці результатів. Введення проміжних змінних дозволяє скоротити час виконання програми та позбавити користувача множини не потрібних змінних.

Вихідними даними є кінцевий результат розрахунку програми відповідно до введених початкових умов та вхідних змінних. В нашому випадку, представлено двох типів: змінні та масиви, так як і у вхідних даних.

Вихідні даними для розрахунку будуть:

- $\tilde{A}[m][n]$ – модифікована матриця часу виконання операцій;
- $\tau[m][n]$ – матриця моменту початку виконання робіт;
- $T[m][n]$ – матриця моменту закінчення виконання робіт;
- $\tilde{T}[m][n]$ – впорядкована відповідно до $P[m][n]$ матриця моменту закінчення виконання робіт;
- res – результат математичного моделювання (час виконання усіх операцій технологічного процесу).

На рисунку 3.2 представлена схема інформаційної моделі технологічного процесу. У лівій частині зображено спрощений алгоритм порядку виконання математичної моделі. З правого боку розташовані основні три типи даних, що використовуються в математичній моделі. За допомогою стрілок схематично зображено вплив даних на хід виконання математичної моделі, розпочинаючи із вхідних даних.

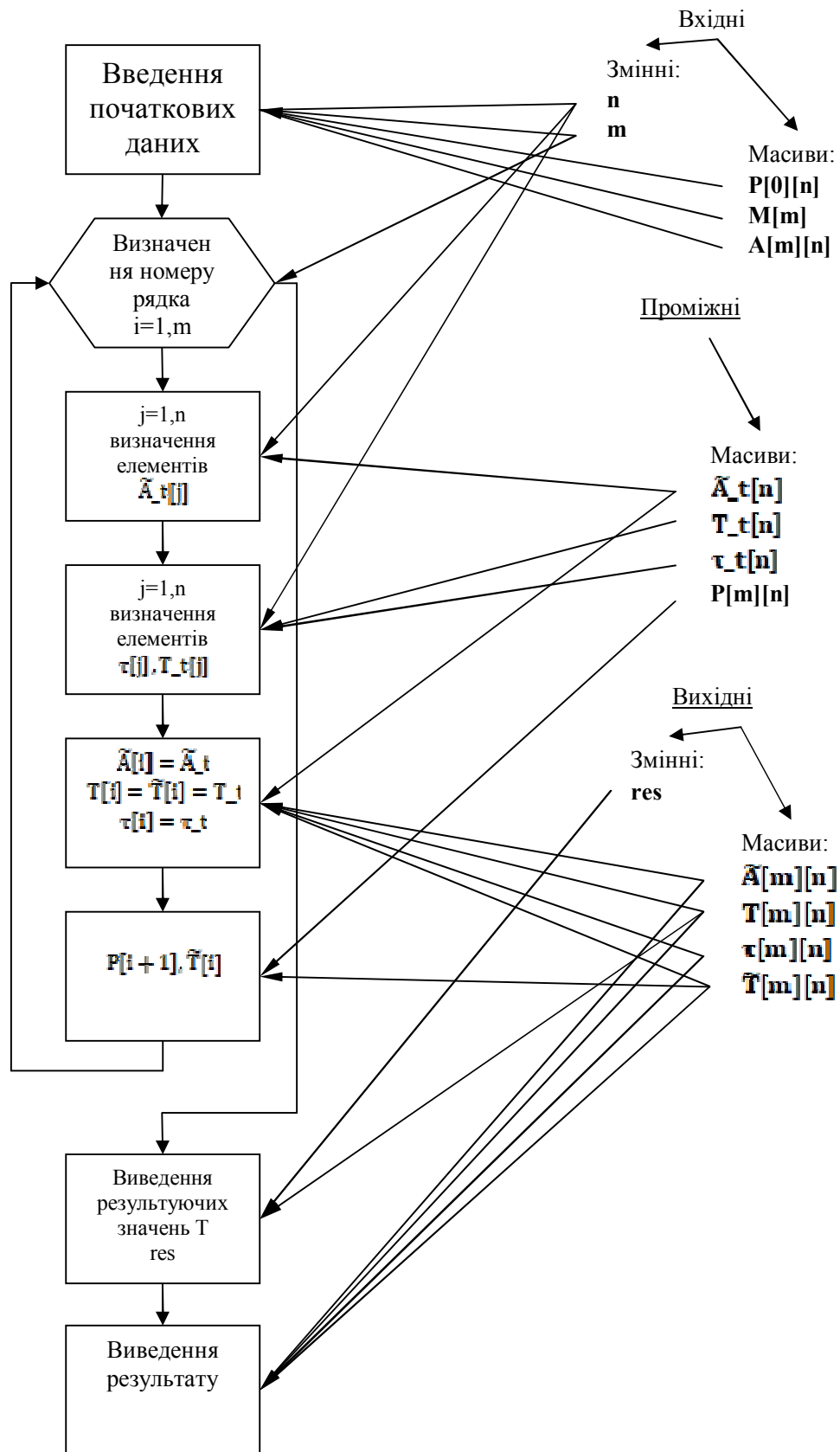


Рис. 3.2. Схема інформаційної моделі технологічного процесу.

3.3 Програмне забезпечення системи

Програма для вирішення поставленої задачі, що написана на мові програмування C++, підтримує принцип роздільного компілювання методів, тому для зручності вона розбита на три файли: «main.cpp», «get_arrangement.cpp» та «head.h».

Файл «main.cpp» містить в собі більш пов'язані з мовою програмування даного методу.

Файл «get_arrangement.cpp» – більш пов'язаний до математичної моделі.

Заголовний файл «head.h» містить декларації інтерфейсів методів для зв'язку окремих файлів між собою, а також директиви #include для підключення зовнішніх модулів STL.

На рисунку 3.1 наведено схему, що відображає зв'язки між файлами.

Таким чином можна стверджувати, що опис кожного методу окремо призведе до неправильної роботи скомпільованої програми.

Опишемо інтерфейси обох файлів вихідного коду:

- main.cpp
- interror(string);
- voidfile_print(vector<vector<double>>, int&, int&, string, ofstream&);
- intmain(int, char* []);
- get_arrangement.cpp
- doubledis_calc(constvector<double>&);
- doubleget_ldd(constint&, constint&, vector<double>);
- vector<int>mod_P(vector<double>&, vector<int>&);
- doublemaxVal(constdouble&, constdouble&);
- intd_func(double).

В додатку А наведено блок-схеми алгоритмів розв’язання задачі. Кожен з модулів у вигляді текстового файлу приведено в додатку Б.

Далі наведено призначення кожного окремого модуля, а також детально описано «intmain(intargc, char* argv[])», котрий є точкою входу в програму і основним виконуваним методом:

- `doubledis_calc(constvector<double>&)` – модуль визначення диз’юнкції нескінченно значної логіки у для вектору змінних з плаваючою комою, котрий він приймає у вигляді адреси комірки пам’яті як вхідний аргумент;

- `doubleget_ldd(constint&, constint&, vector<double>)` – модуль визначення логічного визначника нескінченнозначної логіки, котрий приймає у вигляді аргументів розмір визначника, порядок визначника, а також масив елементів визначника;

- `vector<int> mod_P(vector<double>&, vector<int>&)` – модуль упорядковування масиву порядку виконання робіт, а також модифікування масиву закінчення виконання робіт згідно першого вектора;

- `doublemaxVal(constdouble&, constdouble&)` – модуль визначення найбільшого з двох значень;

- `intd_func(double)` – модуль, котрий повертає 1 для невід’ємних значень і 0 для від’ємних (дуже спеціалізований метод для даної конкретної задачі);

- `voidfile_print(vector<vector<double>>, int&, int&, string, ofstream&)` – модуль виведення масиву значень заданого розміру в потік, що визначається одним з аргументів;

- `interror(string)` – модуль виведення помилок та аварійного виходу з програми;

– `intmain(int, char* [])` – точка входу в програму, що містить основне тіло програми, у вигляді аргументів приймає параметри системи з якими даний файл запускався на виконання.

На початку в модулі `main` задаються змінні `in_file_name`, `out_file_name` та `executive_dir` (блок 2), котрі далі в процесі зчитування з консолі ініціалізуються шляхом до файлу вхідних даних, вихідних даних, а також до файлу з виконуваною програмою (блоки 3-6). Далі ініціалізуються оголошенням файлові потоки введення/виведення `ifs/ofs` відповідно (блоки 7-8). В блоках 9-12 перевіряється працездатність створених потоків і, в разі їх некоректності, програма за допомогою модуля `interror(string)` повідомляє причину помилки та завершує виконання програми, а в разі успішності проведення перевірки в блоках 14-18 з файлового потоку введення зчитуються дані про кількість робіт, їх порядок, кількість типів обладнання, та кількість обладнання кожного типу. Далі провадиться оголошення всіх інших масивів (вхідного часу виконання робіт, а також проміжних (буферних) та вихідних), що знаходить своє відображення в блоках 19-24 алгоритмічної блок-схеми основного тіла програми в додатку А. Умова 25 закінчення файлу, що містить подвійний цикл 26-27, в блоці 28 зчитує вхідний масив часу виконання кожної операції, після досягнення кінця файлу 29 закриває вхідний файловий потік. В циклі 30 проходить розрахунок кожного рядка вихідних масивів, тобто за одну ітерацію розраховуються показники однієї операції. Спочатку, в 31 очищуються буферні масиви, далі, згідно вектора порядку завантаження обладнання, в циклі 32 заповнюється масив часу виконання робіт (переходів) першої операції, потім в циклі 34, залежно від номера рядка, заповнюються відповідні масиви моментів початку та закінчення виконання робіт даної операції. В 44 буферні змінні копіюють свої значення в відповідні вихідні масиви. Умова 45, з можливими подальшими подіями 46-47 або 48-49, визначає порядок завантаження на

наступній операції, а також, згідно нього, модифікує масив моментів закінчення виконання операції. Після закінчення циклу 30, в 50, шляхом визначення диз'юнкції нескінченнозначної логіки останньої операції (останнього рядка) з модифікованого масиву моментів закінчення робіт, отримується найбільше значення, що є характеристикою швидкодії досліджуваного технологічного процесу. Блоки 51 та 52, а також 53-57 записують всі вихідні дані в файловий потік виведення, котрий після виконання останньої інструкції закривається в 58, програма повертає до операційної системи значення 0, що повідомляє про успішне виконання.

3.4 Методичне забезпечення системи

Після запуску файлу «тао.exe» на виконання з'явиться початкове діалогове вікно (рис. 3.3), що має назву «Меню».

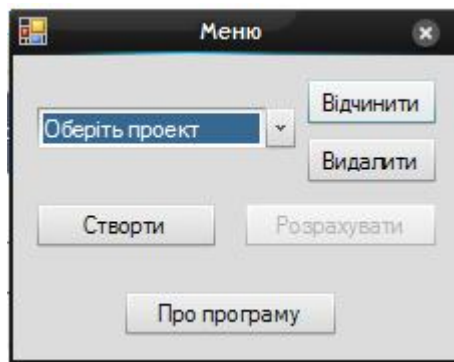


Рис. 3.3. Вікно загального вигляду меню програми.

У меню присутній список вже створених технологічних процесів (рис.3.4).

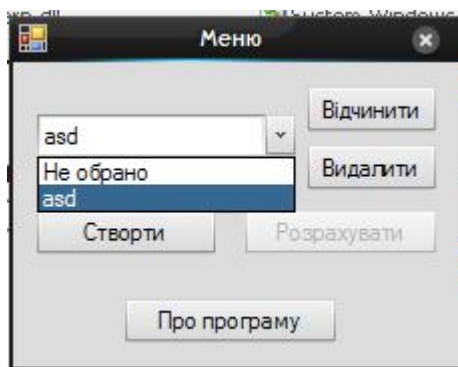


Рис. 3.4. Вікно із в списком створених ТП .

Також, меню містить клавiшу «Створити», яка служить для створення нових технологiчних процесiв для подальшого моделювання. При натисненнi на клавiшу «Створити» з’явиться наступне вiкно (рис. 3.5), що має двi клавiшi «Далi» та «Назад».

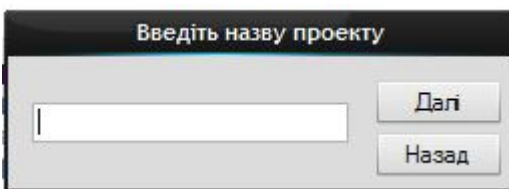


Рис. 3.5. Вiкно створення нового проекту.

Якщо натиснути клавiшу «Далi» не ввiвши назву, або ввiвши її з не допустимими символами, то програма покаже попередження у виглядi помилки (рис. 3.6).

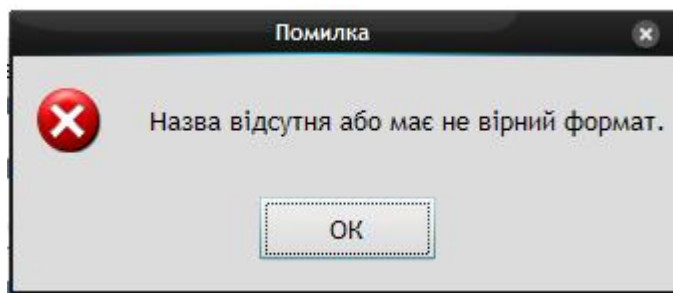


Рис. 3.6. Вiкно з попередженням про помилку.

Якщо назва введена правильно, то відкриється наступне вiкно (рис. 3.7), яке заповнене за замовчуванням.

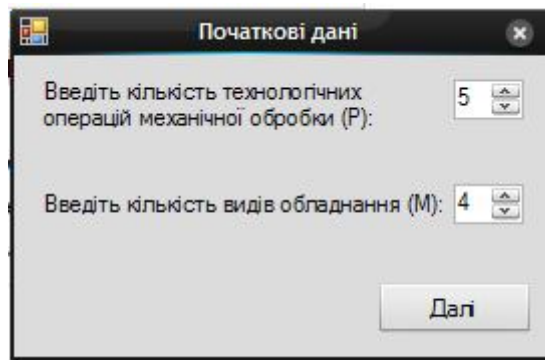


Рис. 3.7. Вікно редагування початкових даних.

При натисненні на клавішу «Далі» відкриється вікно таблиці введення початкових даних (рис. 3.8). Дана таблиця може заповнюватись в будь якій послідовності. Значення P та M повинні бути цілими числами, усі інші комірки допускають дійсні числа із плаваючою комою. Усі значення мають бути невід'ємними числами, що введені із клавіатури. При порушенні вище зазначених умов програма при натисненні на клавішу «Далі» буде виводити помилки або попередження доти, доки не будуть виправлені усі негаразди.

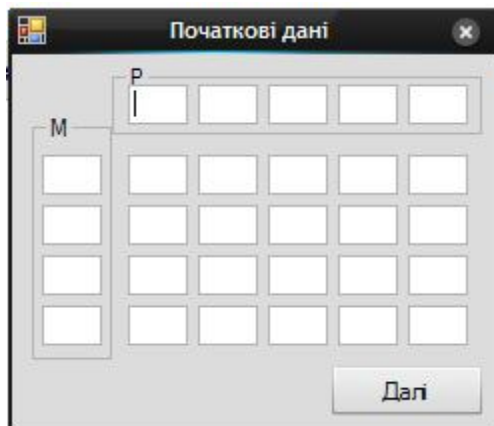


Рис. 3.8. Вікно введення початкових даних.

Після безпомилкового введення вхідних даних, та натисненні на клавішу продовження програма виведе наступне повідомлення (рис. 3.9)

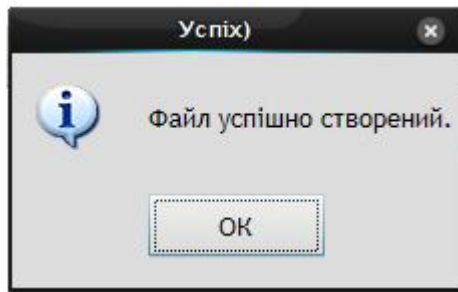


Рис. 3.9. Повідомлення про успішне створення файлу.

Далі необхідно вибрати створений файл із списку в меню, та натиснути клавішу «Розрахувати», після чого програма відкриє файл із результатами розрахунків у форматі *.txt. Даний файл знаходиться в теці із програмою. Для зручності пошуку результатів вже обраних завдань, необхідно обрати необхідний технологічний процес із списку в меню та натиснути на клавішу «Відчинити», яка служить для відкриття теки із результатами розрахунків математичної моделі.

У меню присутня клавіша «Видалити», яка служить для видалення обраного із списку створеного раніше технологічного процесу.

Клавіша «Про програму» після її натискання повертає користувача до титульного аркушу, а саме до початкового ділового вікна.

Висновки до розділу

В розділі наведена структурна схема системи моделювання та оптимізації, яка реалізована на мові програмування C++.

Створена програма представлена в вигляді трьох файлів, що дозволяє підтримувати принцип роздільного компілювання методів. Надано опис кожного із методів (модулів).

Розроблено інформаційне забезпечення системи, що представлено в вигляді схеми зв'язків між змінними та масивами, визначено вхідні, проміжні та

вихідні дані, що дозволять створити алгоритм та програмне забезпечення системи.

Наведено методичне забезпечення системи, що представлено в вигляді послідовності інтерфейсних вікон. Це дозволяє просто і доступно виконувати дії з моделювання та оптимізації складних виробничих систем.

РОЗДІЛ 4.

ПРАКТИЧНА АПРОБАЦІЯ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

4.1 Моделювання та оптимізація роботи обладнання дільниці механічного цеху

За допомогою створеної програми на мові C++ розв'язано задачу моделювання та оптимізації роботи виробничої системи механічного оброблення деталі «Ротор».

Креслення даної деталі та маршрутний технологічний процес її обробки представлено в Додатку В.

В таблиці 4.1 надано перелік операцій технологічного маршруту та час їх виконання.

Таблиця 4.1 Перелік операцій технологічного процесу виготовлення «Ротор».

№ п/п	Назва операції	Штучний час виконання операції
005	Заготівельна	1хв
010	Токарна з ЧПК	1.1хв
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	2.8хв
020	Токарна з ЧПК	1.04хв
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0.5хв
030	Токарна з ЧПК	1.34хв
035	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1.37хв
040	Токарна з ЧПК	0.7хв
045	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0.43хв
050	Контрольна	2хв

Моделювання процесу виготовлення виробу розпочинається зі створення нового проекту згідно з головним меню програми, яке наведено на рисунку 4.1.

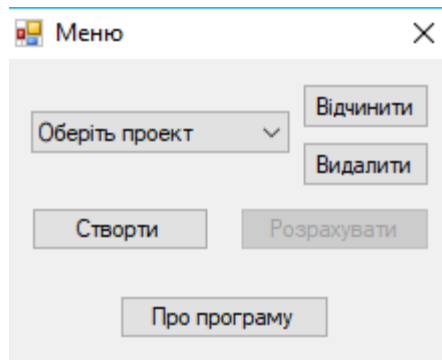


Рис. 4.1. Вікно з головним меню програми.

У наведеному меню є список де можна обрати вже існуючий проект або написати назву нового. Для цього треба натиснути клавiшу «Створити». Після цього з'явиться нове вікно (рис. 4.2), в якому необхідно ввести необхідну кількість операцій та використовуваного обладнання.

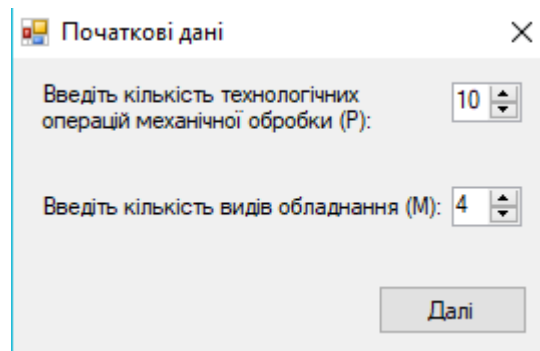


Рис. 4.2. Вікно введення початкових даних.

Після натискання клавiшу «Далі», створюється вікно для введення матриці початкових даних. Вікно з введеними початковими даними наведено на рисунку 4.3.

При заповненні вікна даними, що представлені на рисунку 4.3 без можливих помилок натисканням клавiші «Далі» з'являється вікно головного меню (рис.4.1) на якому натискаємо клавiшу «Розрахувати», виконуються необхідні розрахунки.

	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10
M 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
M 2	0	1.1	0	1.04	0	1.34	0	0.7	0	0
M 3	0	0	2.8	0	0	1.37	0	0	0	0
M 4	0	0	0	0	0.5	0	0	0	1.3	0

Рис. 4.3. Вікно з введеною матрицею початкових даних.

Результат розрахунку буде збережено в новому файлі «out.txt», який знаходиться в папці під назвою даного проекту «files» (рис. 4.4).

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
in.dat	27.11.2017 21:17	Файл "DAT"	1 КБ
out	27.11.2017 21:17	Текстовый докум	1 КБ

Рис. 4.4. Вікно з файлом «out.txt»

Результат математичного моделювання, що представляє 7,67 хв – загальний час виконання всіх операцій технологічного процесу виготовлення «Ротор» наведено на рисунку 4.5.

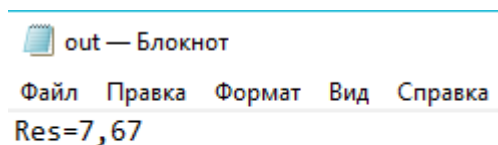


Рис. 4.5. Вікно з результатами розрахунків.

4.2 Моделювання та оптимізація роботи обладнання дільниці складального цеху

Створену методику моделювання та оптимізації складних систем структурно-логічним методом, алгоритми та програми, що його реалізують апробовано при розв'язанні задачі оптимізації роботи дільниці при складанні газового датчика [40].

Початковими даними для розв'язання даної задачі є складальне креслення газового датчика, який представлено в додатку Г, його структурна схема складання (ССС) (рис. 4.7), технологічна схема складання (ТСС) (рис. 4.6) та маршрутний технологічний процес складання з вказаним часом на виконання складальних операцій, що наведено в таблиці 4.2.

Відповідно до ТСС та СССР має місце три рівня складальних операцій:

- «Складання Корпус СК», «Складання кришки СК», «Складання Каркас СК»;
- «Складання Стійки СК», «Складання Втулки СК»;
- «Складання Лічильника СК».

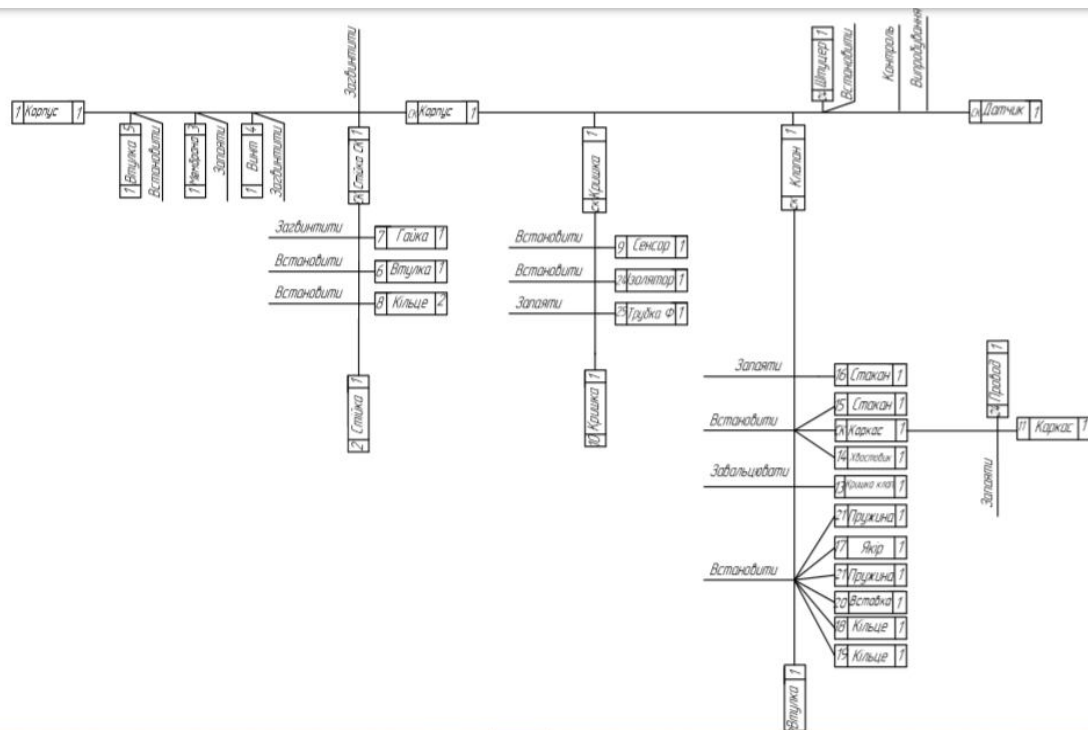


Рис. 4.6. Технологічна схема складання газового датчика.

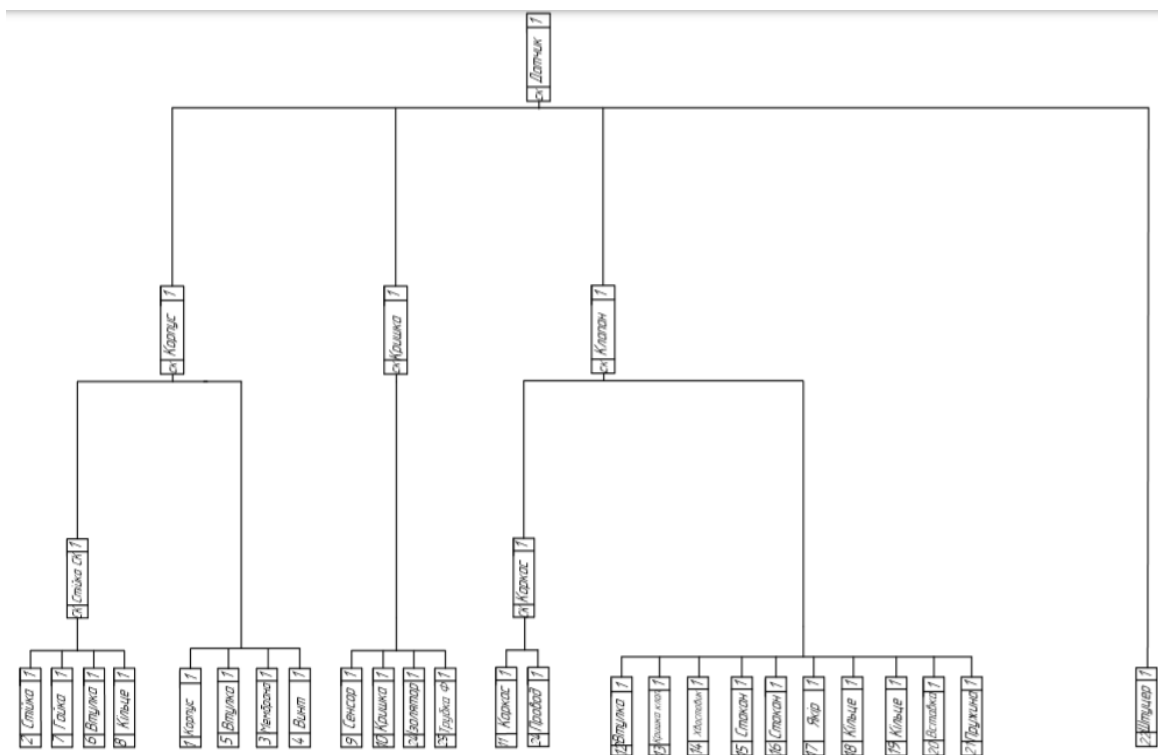


Рис. 4.7. Структурна схема складання газового датчика.

При виконанні складальних операцій використано три роботи-маніпулятори серії LR Mate виробництва KUKA.

Моделювання процесу складання виробу розпочинається зі створення нового проекту згідно з головним меню програми, яке наведено на рисунку 4.8 [40].

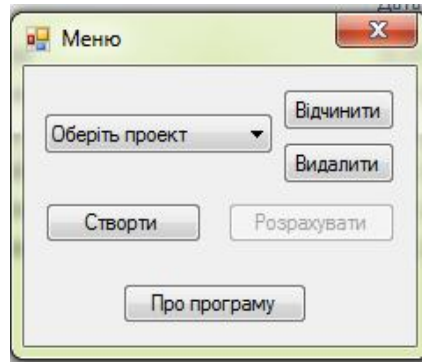


Рис. 4.8. Вікно з головним меню програми.

Таблиця 4.2. Перелік операцій технологічного процесу складання газового датчика.

№ п/п	Назва операції	Штучний час виконання операції
1	2	3
005	Підготовча	1.01хв
010	Комплектувальна	1.04хв
015	Промивка	2.18хв
020	Сушка	1.37хв
025	Складання Стійки СК	2.53хв
030	Складання Корпусу СК	3.74хв
035	Складання Кришки СК	4.01хв
040	Складання Каркасу СК	1.01хв
045	Складання Втулки СК	4.73хв
050	Складання Датчик СК	2.31хв
055	Контрольна	5хв
060	Маркування	1.34хв
065	Упакування	4хв
070	Випробувальна	2.03хв

У представленому меню є список де можна обрати вже існуючий проект або написати назву нового. Для цього треба натиснути клавішу «Створити». Після цього з'явиться нове вікно (рис. 4.9), в якому необхідно ввести необхідну кількість операцій та використовуваного обладнання.

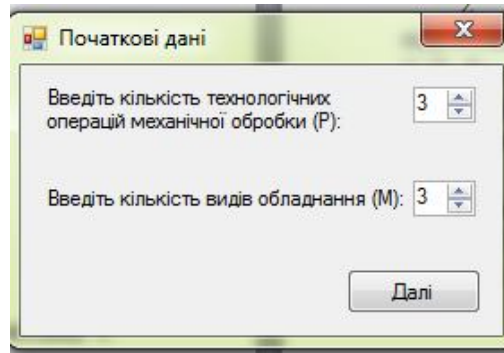
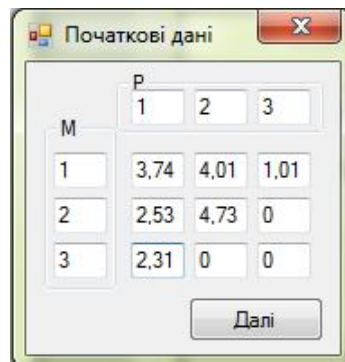


Рис. 4.9. Вікно введення початкових даних.

Після натискання клавішу «Далі», створюється вікно для введення матриці початкових даних. Вікно з введеними початковими даними наведено на рисунку 4.10.

При заповненні вікна даними, що представлені на рисунку 4.10 без можливих помилок, натисканням клавіші «Далі» появляється вікно головного меню (рис. 4.8). Натисканням клавіші «Розрахувати», виконуються необхідні розрахунки.



	P		
	1	2	3
1	3,74	4,01	1,01
2	2,53	4,73	0
3	2,31	0	0

Рис. 4.10. Вікно з введеною матрицею початкових даних.

Результат розрахунку буде збережено в новому файлі «out.txt», який знаходиться в папці під назвою даного проекту «asd» (рис.4.11).

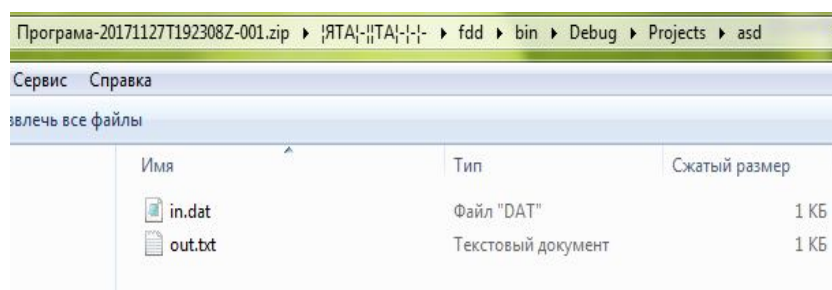


Рис. 4.11. Вікно з файлом «out.txt».

Результат математичного моделювання та оптимізації, що представляє загальний час виконання всіх операцій технологічного процесу складання газового лічильника наведено на рисунку 4.12 [40].

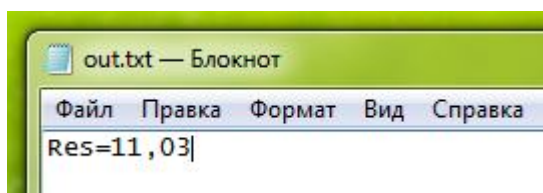


Рис. 4.12. Вікно з результатами розрахунків.

Висновки до розділу

В даному розділі представлено апробацію запропонованої методики моделювання та оптимізації складних систем шляхом використання структурно-логічного методу, алгоритмів та програм, що їх реалізують, при розв’язанні задач моделювання робот дільниці механічного цеху та складального цеху.

В результаті використання методики та програм моделювання та оптимізації виробничої ділянки механічної обробки деталі «Ротор» отримано оптимальний час виконання всіх 10 операцій на 4 видах обладнання , що складає 7,67 хв. на виготовлення однієї деталі.

При розв'язанні задачі моделювання та оптимізації виробничої ділянки складання приладу «Газовий датчик», отримано оптимальний час складання одного виробу, що становить 11,03 хв.

Таким чином, наведені приклади моделювання та оптимізації роботи різних виробничих систем показує ефективність застосування структурно-логічного методу для розв'язання подібних задач в приладобудуванні.

РОЗДІЛ 5.

РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНИМ МЕТОДОМ»

5.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах використання структурно-логічного методу моделювання у виробництві, було створено виробничу систему в програмному забезпеченні C++.

Ідея полягає в створенні моделі виробничих процесів, що уточнено наведено в таблиці 5.1.

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап-проекту, який визначить змоги даного продукту вийти на ринок і конкурувати з іншими, що вже існують [38].

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення моделі виробничих процесів	1. Застосування в різних галузях (проектування, планування, прогнозування тощо)	Дозволяє використовувати систему до різних умов виробництв.
	2. Проектування технологічних процесів	Підвищення ефективності технологічного проектування виробничої системи

Отже, пропонується новий спосіб використання структурно-логічного методу в моделюванні виробничих процесів, визначення найменшого часу на виконання роботи в технологічному процесі, реалізовано шляхом запаралелювання складальних операцій, що дозволить покращити і підвищити ефективність налаштування виробничого процесу.

Далі проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

– визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

– проводимо порівняльний аналіз показників для власної ідеї щодо сильних, слабких та нейтральних характеристик порівняно з конкурентами представлено в таблиці 5.2 [38].

Такими конкурентами визначено:

Конкурент 1– Математична модель складних систем в Anylogic;

Конкурент 2– Математична модель складних систем в GPSS World;

Конкурент 3– Математична модель виробничих систем в Plant Simulation.

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конку рент1	Конкуре нт2	Конку- рент3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Створення бібліотек	+	+	-	+		+	
2.	Необмежені потоки випадкових чисел	+	+	+	-		+	
3.	Розробка власного інтерфейсу	+	-	-	-			+
4.	Імпорт креслення	-	+	-	+	+		
5.	Використання будь-яких мов програмування	+	-	-	-			+

Після проведення порівняння характеристик проекту з конкурентами був отриманий перелік сильних, нейтральних характеристик та лише одну слабку сторону. До сильних відноситься: розробка власного інтерфейсу та можливість використання будь-яких мов програмування, а до слабких лише: імпортування креслення. Визначено, що власний проект має більше переваг в порівнянні з конкурентами, що показує його конкурентну здатність на ринку [38].

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначено технологічну здійсненність ідеї проекту, яка передбачає аналіз таких складових, що знаходяться в таблиці 5.3 [38].

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Проектування технологічних процесів ВС (виробничих систем)	Традиційні мови програмування	Наявні, і не потребують вивчення нових мов програмування	Доступні
2	Проектування технологічних процесів ВС	Спеціальні програмні бібліотеки вже існуючих систем)	Потребують доопрацювань	В повному об'ємі недоступні
3	Проектування технологічних процесів ВС	Готові виробничі системи	Наявні, потребують введення нових показників	Доступні

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що даний проект може бути реалізований, тому що всі необхідні технології реалізації даних ідей наявні, не потребує вивчення нових мов програмування, але має малий об'єм бібліотек. Необхідно доповнити спеціальні програмні бібліотеки задля того, щоб даний продукт не містив жодного недоліку при використанні клієнтом.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначаємо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації [38].

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкових потреб, динаміки ринку та пропозицій проектів-конкурентів. Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	150 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмеження по зчитуванню креслень
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Не змінна
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	50%

За результатами оцінювання виявлено, що ринок має гарний попит та динаміку на запропонований продукт, тому є можливість ввійти у ринок, хоча на ринку вже є інші конкуренти, але за допомогою легкості роботи в даній системі моделювання можлива конкурентоспроможність.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5) [38].

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4	5
1	Система моделювання виробничих систем	Підприємства з виготовленням технологічної продукції	- мова програмування - ціна продукту	до продукції: - можливість доповнення та редагування; - заміна бібліотеки на свою.
2	Виявлення оптимального часу виробництва	Підприємства з виготовленням технологічної продукції	- швидкість обробки інформації	до продукції: - простота використання; - можливість редагування; до компанії постачальника: - швидке налаштування.
3	Результати проектування	Підприємства з виготовленням технологічної продукції	- наявність простого інтерфейсу;	до продукції: - простота використання; - доступний інтерфейс; до компанії постачальника: - швидке налаштування.

Отже потенційною групою клієнтів мають стати заводи, фірми, що хочуть зменшити вартість та час виробництва через простіші обладнання. Даний продукт реалізований за допомогою структурно-логічного методу моделювання, надає можливість запаралелювати операції технологічного процесу таким чином, що час на виготовлення зменшується та зростає прибуток на фірмі виробника.

При застосуванні даної технології існують певні загрози (таблиця 5.6). Необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні фахівці, що розуміють примітивні мови програмування та наявність баз даних для поновлення бібліотеки програми [38].

Таблиця 5.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Збут	Покупець обирає постачальників за якістю роботи системи	Необхідно пропонувати дану систему фірмам, які тільки відкрилися
2	Корисність	Може не відповідати вимогам певних підприємств	Пропонувати системи на підприємства
3	Конкуренція	Наявність аналогічних систем	Безкоштовна 30-ти денна версія для зацікавлення покупців
4	Результативність	Виводить тільки кінцеві результати розрахунку	Надавати роз'яснення для виведених результатів

В таблиці 5.6 було приведено визначення факторів можливостей загроз які перешкоджають виходу даному проекту на ринок, а також реакцію на ці фактори, щоб зменшити їх вплив. Фактори загроз не є значними в порівнянні з конкурентами, що вже є на ринку і не заважатимуть реалізації даного продукту.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7) [38].

Таблиця 5.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
1	Наукова новизна	Оновити систему можливо будь-який момент	Проводити оновлення та налаштування системи
2	Корисність	Може бути важливим доповненням для проектування ВС	Пропонування системи, що має найменший час виконання операцій
3	Метод проектування	Оптимальний метод проектування ВС	Спробувати використовувати інші методи проектування ВС для порівняння результатів
4	Удосконалення продукту	Вдосконалення продукту може здійснити працівник компанії	Модернізація продукту, доповнення інформацією
5	Економічні	Підтримка інноваційного виробництва	Підвищення/пониження ціни на продукт.

В таблиці 5.7 було приведено визначення факторів можливостей які будуть сприяти нашому продукту для виходу його на ринок збуту, а також реакцію на них. Можливості є корисними та простими в реалізації на будь-яких підприємствах де необхідна розробка ВС технологічного процесу.

Таблиця 5.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Тип конкуренції - олігополія	Характеризується невеликою кількістю фірм (до 10), що контролюють цінову політику але при змові з іншими олігополістами. Головною рисою олігополії є те, що кількість фірм дуже незначна відносно ринку, що кожна з цих фірм визнає тісний взаємозв'язок одна з одною	Пропонувати дану систему, заводам та фірмам, що хочуть оновити своє програмне забезпечення, проводити безкоштовне оновлення та налаштування систем
2. За рівнем конкурентної боротьби- локальний	Характеризується місцем використання системи	Пропонувати наповнення баз даних
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Характеризується однією галуззю використання	Пропонувати наповнення баз даних різноманітними бібліотеками
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Характеризується товарами одного виду	Пропонувати наповнення баз даних різноманітними бібліотеками
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Проводиться головним чином за допомогою вдосконалення якості продукції, технології виробництва, інновацій, патентування і брендування і умов її продажу.	Використовувати декілька систем моделювання для порівняння результатів
6. За інтенсивністю - не марочна	Торгова марка дуже не значна, але може бути присутньою на ринку	Створити бренд, який буде легко запам'ятовуватись

В даній таблиці можливо побачити аналіз ринка збуту для нашого продукту, а також визначені характеристики, які допоможуть зробити

необхідний вплив на підприємства, що будуть використовувати дану програму для оптимізації роботи виробничої системи.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі [38].

Таблиця 5.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	- Anylogic -Automod -Plant Simulation	- Promodel	-Європа -СНГ	Машинобудівні та приладобудівні підприємства	Системи побудовані за допомогою інших методів
Висновки:	Конкурентна інтенсивність з боку прямих конкурентів – є значною	- Маємо можливість виходу на ринок -є потенційні конкуренти Строки виходу системи на ринок – 2019-2020	Постачальники встановлюють вимоги роботи на ринку: -відповідне оформлення системи.	Клієнти встановлюють вимоги роботи на ринку: -наповнення бібліотек; -простота інтерфейсу та роботи з системою	Обмеження для роботи через товари замінники

Таким чином, відповідно до наведеного вище аналізу основними факторами, що діють у конкурентній боротьбі в сфері без винятку є насиченість конкурентної боротьби серед вже існуючих на ринку продуктів.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не посів свого місця на ринку, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності відповідно до значних факторів на даний момент [38].

Таблиця 5.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Оболонка	В наявності
2	Інтерпретатор	Здійснює запаралелювання інформації
3	Рівень мови створення ВС	Використано C++
4	Можливість редагування;	В головному коді програми та інтерфейсі програми
5	Оновлення бібліотек	В головному коді програми, за нестачею інформації
6	Простота використання	Можна використовувати не будучи спеціалістом в даній предметній області

Таблиця 5.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «моделі ВС»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моделлю ВС						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Оболонка	2						+	
3	Метод представлення	4							+
4	Можливість доповнення та редагування;	1					+		
5	Оновлення бібліотек	1					+		
6	Простота використання	5							+

З таблиць 5.10 та 5.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий внесок при впровадженні нового продукту для моделювання ВС. Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін показав, що простота можливості редагування та метод представлення, дає перевагу над іншими конкурентними продуктами і тому проект може стати конкурентоспроможним на ринку [38].

Таблиця 5.12 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: - розробка власного інтерфейсу; -використання будь-яких мов програмування.	Слабкі сторони: - імпорт креслення;
Можливості: - попит; - корисність; - отримання замовлень від нових клієнтів; - збільшення продажів;	Загрози: - збут; - конкуренція; - втрата клієнтів через недостатню технічну підтримку;

В таблиці 5.12 показано переваги та недоліки проекту, загроз та можливостей на ринку, який був складаний на основі факторів переваг та недоліків які ми складали раніше. Ринкові переваги та недоліки на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

На основі SWOT-аналізу буде розроблено альтернативи поведінки ринкових відносин та приведено орієнтовний час виведення стартап-проекту на ринок, з аналізом конкурентів, які вже є на ринку [38].

Таблиця 5.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива комплекс заходів) поведінки (орієнтовний ринкової	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз	60%	1,5 роки
2	Стратегія заміни недоліків стартапу наявними ринковими можливостями	75%	1,5 роки

Відповідно до зазначених альтернатив обираємо стратегію заміни недоліків стартапу наявними ринковими можливостями, бо вона має більшу ймовірність отримання ресурсів за той самий час, що й стратегія нейтралізації ринкових загроз. Також при даній стратегії можна навіть зменшити строк реалізації даного продукту на 5-6 місяців.

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів [38].

Таблиця 5.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Машинобудівні та приладобудівні підприємства	80%	85%	85%	10%
Які цільові групи обрано: Стратегія концентрованого маркетингу					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи для яких буде цікавий даний продукт, для оптимізації. Відповідно до груп споживачів обираємо стратегію концентрованого маркетингу так, як компанія зосереджується на одному сегменті.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку [38].

Таблиця 5.15 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Стратегія спеціалізації	Стратегія спеціалізації	Передбачає охоплення деяку нішу одного сегменту, а не охоплення цілого ринку. Метою буде надання послуг більш якісного рівня ніж у конкурентів на ринку	Стратегія спеціалізації

За базову стратегію розвитку було взято стратегію спеціалізації, що передбачає концентрацію на потребах деяку нішу одного сегменту, ніж охоплення усього ринку. Краще спрямувати сили за допомогою цієї стратегії на вибраний цільовий сегмент, ніж на конкурентів так, як їхня кількість хоча не значна, але може бути суттєвою для реалізації даного продукту на ринок. Зосередження на одному сегменті дасть не аби які переваги для вирішення всіх недоліків даного проекту та покращить стан конкурентоспроможності на ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.16) [38].

Таблиця 5.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Пошук нової цільової аудиторії.	Так - методологію - схожість систем	Стратегія заняття конкурентної ніші

За базову стратегію конкурентної поведінки була прийнята стратегія зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку обирає один або декілька ринкових сегментів. Головною метою компанії буде постійна підтримка своєї конкурентної переваги та формування лояльності споживачів, оновлення баз даних новими бібліотеками інформації.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за який споживачі мають ідентифікувати проект [38].

Таблиця 5.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	База даних	Стратегія спеціалізації	-Метод отримання нових даних	- Позиціонування на низькій ціні - Позиціонування за сферою використання -Стратегія позиціонування за трьома ознаками
2	Ефективність та швидкість оновлення	Стратегія спеціалізації	-Корисність -Своєчасне оновлення	
3	Представлення результатів проектування	Стратегія спеціалізації	-Вид представлення	

Компанія за стратегію розвитку обрала свою спеціалізацію і цільовою групою машинобудівні та приладобудівні підприємства та заводи, хоча у цих підприємств вже є постачальники, але за рахунок нових технологій та методів можливо буде впроваджувати наш продукт для цих клієнтів та довести свою конкурентну перевагу. Невід’ємною частиною зручного використання клієнтами даного продукту буде зручний та зрозумілий інтерфейс для користувача з не високим рівнем у знанні мов програмування.

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару [38].

Таблиця 5.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	2	3	4
1	Оболонка	Є в наявності	+
2	Інтерпретатор бібліотек	Здійснює швидке та якісне перетворення інформації	+
3	Метод представлення знань	Структурно-логічний метод	+
4	Рівень мови придбання знань	Використання C++	+
5	Тип набутих знань	Символьний	Необхідно додати, табличний та зчитування рисунків
6	Оновлення бібліотек	В головному коді програми	Поповнення новими матеріалами
9	Простота використання	Можна використовувати не будучи спеціалістом в даній предметній області	+

За рахунок визначення ключових переваг продукту перед конкурентами і стратегії диференціації, що передбачає надання товару важливих відмінних властивостей за такою ж ціною як і у конкурентів буде розроблено маркетингову програму стартап-проекту. Наявність оболонки, простота використання та можливість мати не високий рівень мови програмування дає змогу даному продукту бути реалізованим навіть у невеликих фірмах які нещодавно відкрилися.

Незначним недоліком залишить мала наповнюваність баз даних бібліотеками інформації та необхідність у зчитуванні не тільки текстової інформації, а також і креслень, таблиць [38].

Таблиця 5.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові	
I. Товар за задумом	Створення технологічного процесу виробничої системи	
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	Size
	1. Комп'ютерна програма 2. Оригінальний код програми 3. Надійність (Якість продукції досягається завдяки правильно підбраному методу моделювання) 4. Безкоштовна 30-ти денна версія продукту	25 mb
	Якість: довідники, нормативи.	
	Пакування: онлайн сервіси.	
	Марка: C++	
III. Товар із підкріпленням	До продажу: налаштування.	
	Після продажу: консультування.	

В таблиці 5.19 створено три - рівневу модель нашого продукту, що включає основні характеристики, спосіб його поширення, методологія використання, налаштування та консультації в разі необхідності після продажу продукту клієнту.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (таблиця 5.20) [38].

Таблиця 5.20 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень цільової доходів споживачів групи	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500 грн	5000грн	3000грн	1000-2500 грн

В даній таблиці розглянуто ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буде встановлена верхній та нижній рівень цінової політики.

Таблиця 5.21 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звична купівля з деякими модифікаціями. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості постачання).	Налаштування та встановлення товару.	Канал нульового рівня	Власна система збуту. Виробник безпосередньо продає товар клієнту і використовує два способи прямого продажу : - Посилкова торгівля - Онлайн сервіси

Спираючись на специфіку ринкових відносин для цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту через онлайн сервіси, а за глибину каналу збуту було обрано канал нульового рівня, тому що компанія хоче мати безпосередній контакт з покупцями [38].

Таблиця 5.22 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Бути на зв'язку	-електронна пошта - моб. телефон	Проектування технологічних процесів виробничої системи	Зацікавити у виборі проекту	«Найкраще те, що легше використовувати»

Простота використання продукту є головною перевагою продукту, за рахунок якого він буде кращим на ринку. Основним завданням буде зацікавити клієнта в продукті за рахунок надання можливості використовувати його відповідний час безкоштовно.

Висновки до розділу

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї, тобто чим саме вона відрізняється від існуючих аналогів та замінників надала можливість визначити перелік властивостей та характеристик ідеї, її конкурентів. Зробивши порівняльний аналіз було визначено основні сильні, слабкі та нейтральні сторони даного проекту. Основною перевагою виявилось використання методики моделювання технологічних процесів виробничої системи та особливий інтерфейс програми. Було проведено оцінювання стану ринку стартап-проекту, що виявило гарний попит та динаміку на запропонований продукт. Тому є можливість виведення його на ринок. За допомогою проведення виявлення та аналізу факторів загроз та можливостей стало зрозуміло яку стратегію альтернативного ринкового впровадження потрібно реалізувати для досягнення прибутку при незначній конкуренції.

Зробивши аналіз потенційних груп споживачів було обрано цільові групи. А саме машинобудівні та приладобудівні підприємства, для яких цікавий даний продукт. Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів і розробивши власну систему збуту є хороші перспективи впровадження даного продукту на ринок. Проблематикою входження на ринок є велика кількість товарів-аналогів, які вже мають свою нішу на ринку, але порівняно із нашим проектом дана виробнича система оптимізує роботу, зменшує час виробництва, має достатню базу даних і можливість швидкого оновлення системи за рахунок чого вона може стати конкурентоспроможним на ринку.

Отже, за рахунок того, що було визначено переваги даного продукту перед конкурентами і можливість надання товару важливіших відмінних властивостей можна мати велику можливість впровадження нашого продукту на ринок з великою можливістю отримання прибутку за менший термін ніж було встановлено раніше. Невід'ємною частиною досягнення даної мети є вирішення та усунення недоліків, що зменшують конкурентоспроможність в порівнянні з заміниками даного продукту до того як буде прийнято рішення виходу його на ринок.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Аналіз сучасного стану оптимізації роботи технологічного виробничих систем показав, що моделювання технологічних процесів – це головний елемент в розробці технології виробництва. Не існує єдиної методики моделювання виробничих систем в цілому оскільки моделювання роботи технологічного обладнання вимагає теоретичних та експериментальних досліджень.

Огляд різноманітних схем роботи виробничих систем в приладобудуванні вказує, що поширеним видом є послідовно-паралельна система. Тому було обрано структурно-логічний метод моделювання, що використовується в даній роботі. Цей метод дозволяє моделювати систему послідовно-паралельної структури. Відповідно до структурно-логічного методу розроблено методику моделювання роботи виробничих систем в приладобудуванні, де математична модель включає цільову функцію та обмеження на області допустимих рішень.

Побудована математична модель роботи виробничих систем, що дозволяє створити алгоритми та програму, які допомагають розв'язати задачу моделювання та оптимізації виробничої системи в умовах автоматизованого виробництва.

Відповідно до обраного методу створена структурна схема системи моделювання та оптимізації, яка реалізована на мові програмування C++. Програма представляє собою три файли, що дозволяють підтримувати принцип розподільного компілювання модулів.

Для простого і доступного використання створеної програми наведено методичне забезпечення системи, що представлено у вигляді послідовності інтерфейсних вікон.

Апробацію методики моделювання та оптимізації складних систем з використанням структурно-логічного методу, алгоритмів та програм

представлено, як розв’язання задач моделювання роботи дільниць механічного цеху при механічній обробці деталі та дільниці складального цеху при складанні газового датчика.

Наведені приклади моделювання та оптимізації роботи різних виробничих систем вказують на ефективність застосування структурно-логічного методу для розв’язання відповідних задач у приладобудуванні.

Розроблений стартап-проект за темою магістерської дисертації «Система моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом» показав, що дана робота є конкурентоспроможною на ринку інформаційних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Синещук Ю.И. Структурно-логический метод анализ за безопасности потенциально опасных объектов. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). – 2011. – 15 с.
2. Коріньєв В.Л., Гребінчук О.Н. Оптимізація виробничих процесів в умовах функціонування поточкових ліній / В.Л. Коріньєв, О.Н. Гребінчук / Вісник Запорізького національного університету. – 2010. – №2(6). – С. 27-35.
3. Вислоух С.П., Чабан О.М. Моделювання та оптимізація роботи виробничих систем засобами Мережі Петрі / С.П.Вислоух, О.М.Чабан / Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2008. – Вип.36. – С. 118-122.
4. Можаяева И.А. Методики структурно-логического моделирования сложных систем с сетевой структурой: Автореф.дис. на соискание учётной степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). – К.: 2015. – 19 с.
5. Вислоух С.П., Піпко А.В. Моделювання та оптимізація завантаження обладнання виробничих систем з використанням структурно-логічного методу / С.П.Вислоух, А.В.Піпко / Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2007. – Вип.34. С. 117-124.
6. Севостьянов І.В. Моделювання віртуальних виробничих систем // Вінницький національний технічний університет. – Вінниця. – 2016р. – 35 с.
7. Організація виробництва. Версія 19: Рук. Пользователя. Ч.3, гл.3.1. Технологія і виробничий процес / Сост. В.Г.Васильков. – К.: КНЕУ, 2003. – 524 с.

8. Моделирование систем. Практикум. Рук. Пользователя. Ч.5, гл.1. Имитационное моделирование / Сост. Б.Я.Советов. – М.: Высшая школа.2007. – 295 с.
9. Основи побудови автоматизованих систем управління. Навчальний посібник. Пількевич І.А., Молодецька К.В., Сугоняк І.І., Добанчинкова Н.М., Житомир Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. – 2014. – 16 с.
10. Автоматизація виробничих систем. А 22: Рук. Користувача. Ч.1, гл.1.3. Виробничий процес і його елементи / Сост. Я.І.Проць. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя. – 2011. – 344 с.
11. Оптимізація технологічних процесів.: Рук. Користувача. Ч.1, гл.1.1. Постановка задачі оптимізації / Сост. Л.Р.Ладієва. – К.: НМЦ ВО, 2003. – 35с.
12. Левин В.И. Структурно-логические методы исследования сложных систем с применением ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
13. Клейнрок Л., Вычислительные системы с очередями. Пер. с англ., 1979. – 600 с.
14. Клейнрок Л., Теория массового обслуживания. Перевод с англ. /Пер. И. И. Грушко ред. В. И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
15. Первозванский А. А. Математические модели в управлении производством. – М.: Наука, 1975. – 46 с.
16. Сытник В.Ф. АСУП и оптимальное планирование // Издательское объединение «Вища школа», Киев. – 1977. – С. 1-15.
17. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

18. Миллер Э. Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. Изд. 3-е. – М., «Машиностроение», 1972. – 248 с.
19. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления / Е.В.Фрейдина. – М.: Омега-Л, 2008. – 365 с.
20. Бьерн Страуструп, Язык программирования C++. – М.: Вильямс, 2013. – 1238 с.
21. Лебідь Р.Д., Жуков І.А., Гузій М.М. Математичні методи в моделюванні систем: Навчальний посібник. – К.: КМУЦА, 2000. – 158 с.
22. Склад і структура виробничої системи [Електронний ресурс]: Файловый архив студентов. – 2016. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5044288/page:73/>. – Склад і структура виробничої системи
23. Характеристика виробничих систем [Електронний ресурс]: Навчальні матеріали онлайн. – 2011. – Режим доступа: http://pidruchniki.com/11141122/menedzhment/harakteristika_virobnichih_sistem_vp_liv_tipu_virobnitstva_organizatsiynu_strukturu_upravlinnya. – Характеристика виробничих систем. Вплив типу виробництва.
24. Моделирование и оптимизация технологических систем: Учеб. пособие/ Т. В. Комарова; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н.Новгород, 1999. – 227 с.
25. Математическое моделирование и методы оптимизации: Межвуз. тематич.сб.науч.тр./ Под ред. А.В. Сергиевского; Горький государственный университет, Горький, 1980, 160 с.
26. Левин В.И. Моделирование сложных систем, - М.: Наука 1986
27. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс, - М.: Радио и связь, 1988

28. Левин В.И. Логический метод поиска в информационной системе//Автоматика и вычислит. техника. - 1978. - № 1.
29. Левин В.И. Структурно-логический метод комбинаторной оптимизации//Автоматика вычислит. техника. - 1979. - № 1.
30. Левин В.И. Динамика логических устройств и систем. - М.: Энергия, 1980
31. Левин В.И. Анализ функций с помощью бесконечнозначной логики//Автоматрия. - 1979. - №2.
32. Левин В.И., Меркулов В.А. Логические методы решения некоторых дискретных оптимизационных задач//Применение вычислительных методов в научно-технических исследованиях. - Пенза. - 1979. - Вып. 1.
33. Левин В.И. Логический синтез алгоритма оптимизации параметров технологического процесса//Problems of Control and Information Theory. - 1980. - V. 9, № 1.
34. Шатихин Л.Г. Структурные матрицы и их применение для исследования систем. - М.: Машиностроение, 1974.
35. Левин В.И. Анализ загрузки вычислительных систем//Автоматика и вычислит. техника. - 1983. - №6.
36. Левин В.И. Анализ параллельно-последовательных систем//Problems of Control and Information Theory. - 1984. - V. 13, № 1.
37. Матвеева А.О., Вислоух С.П. // XX Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», м. Дніпро, НЦАО, 11-13 квітня 2018р.

38. Розробка стартап проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. Ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

39. Матвєєва А.О., Вислоух С.П. Моделювання роботи технологічного обладнання на основі структурно-логічного методу // Збірник статей «Погляд у майбутнє приладобудування». – К.: НТУУ «КПІ» 2018. – С. 224-226.

40. Матвєєва А.О., Вислоух С.П. Моделювання виробничих систем структурно-логічним методом // Збірник праць конференції «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні». – К.: НТУУ «КПІ» 2018. – С. 125-128.

41. Матвєєва А.О., Вислоух С.П. Моделювання виробничих систем структурно-логічним методом // Матеріали конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку». – м. Луцьк, 2018. – С. 44-45.

42. Матвєєва А.О., Вислоух С.П. Моделювання виробничих систем на основі структурно-логічного методу // Матеріали конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука- виробництво». – м. Чернігів, 2017. – С. 90.

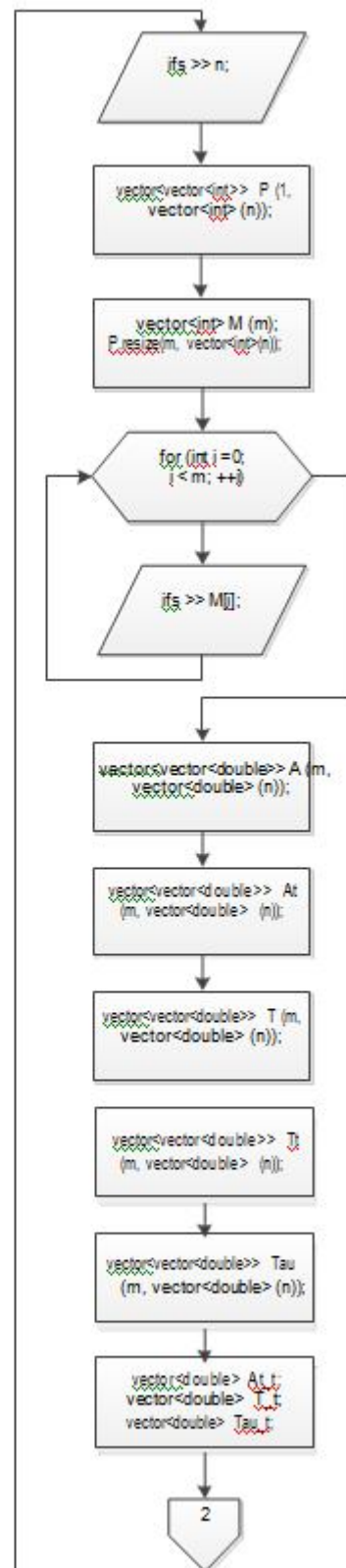
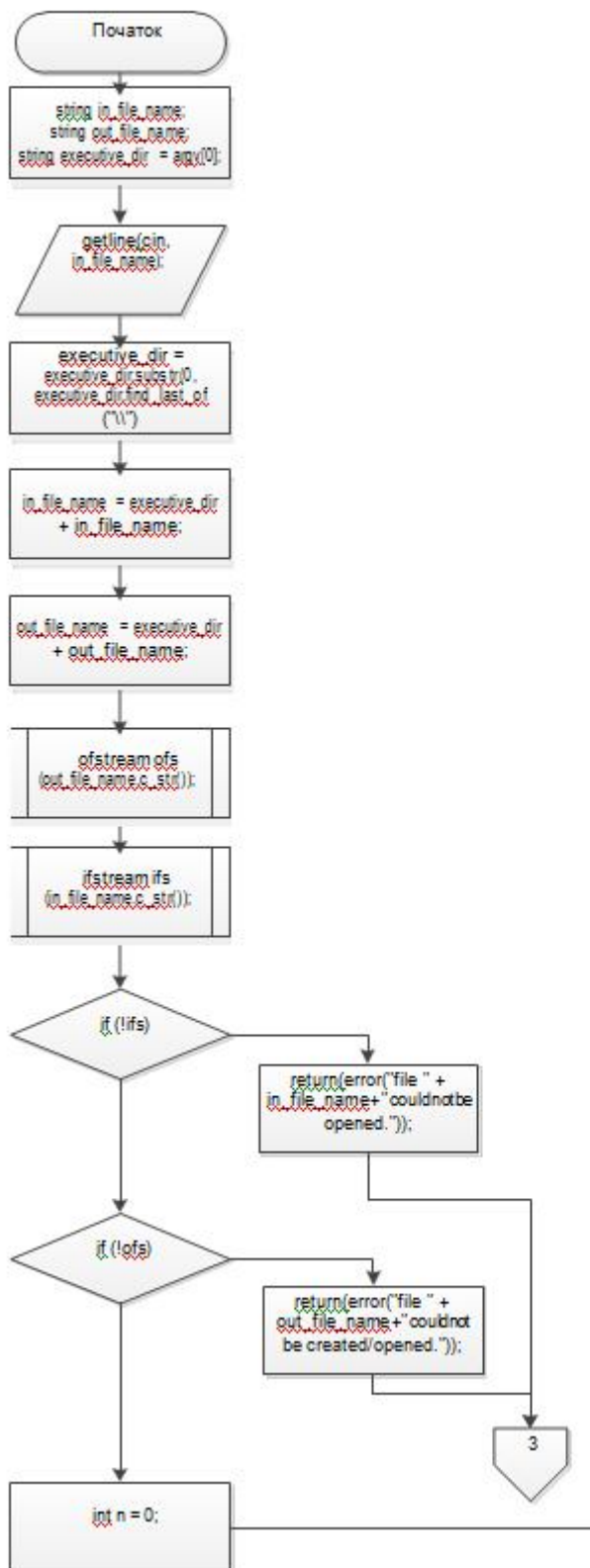
43. Антонюк В.С., Полонський Л.Г., Аварченко В.І., Малахов Ю.А. Методологія наукових досліджень // Навчальний посібник. – К.: НТУУ «КПІ» 2015. – 277 с.

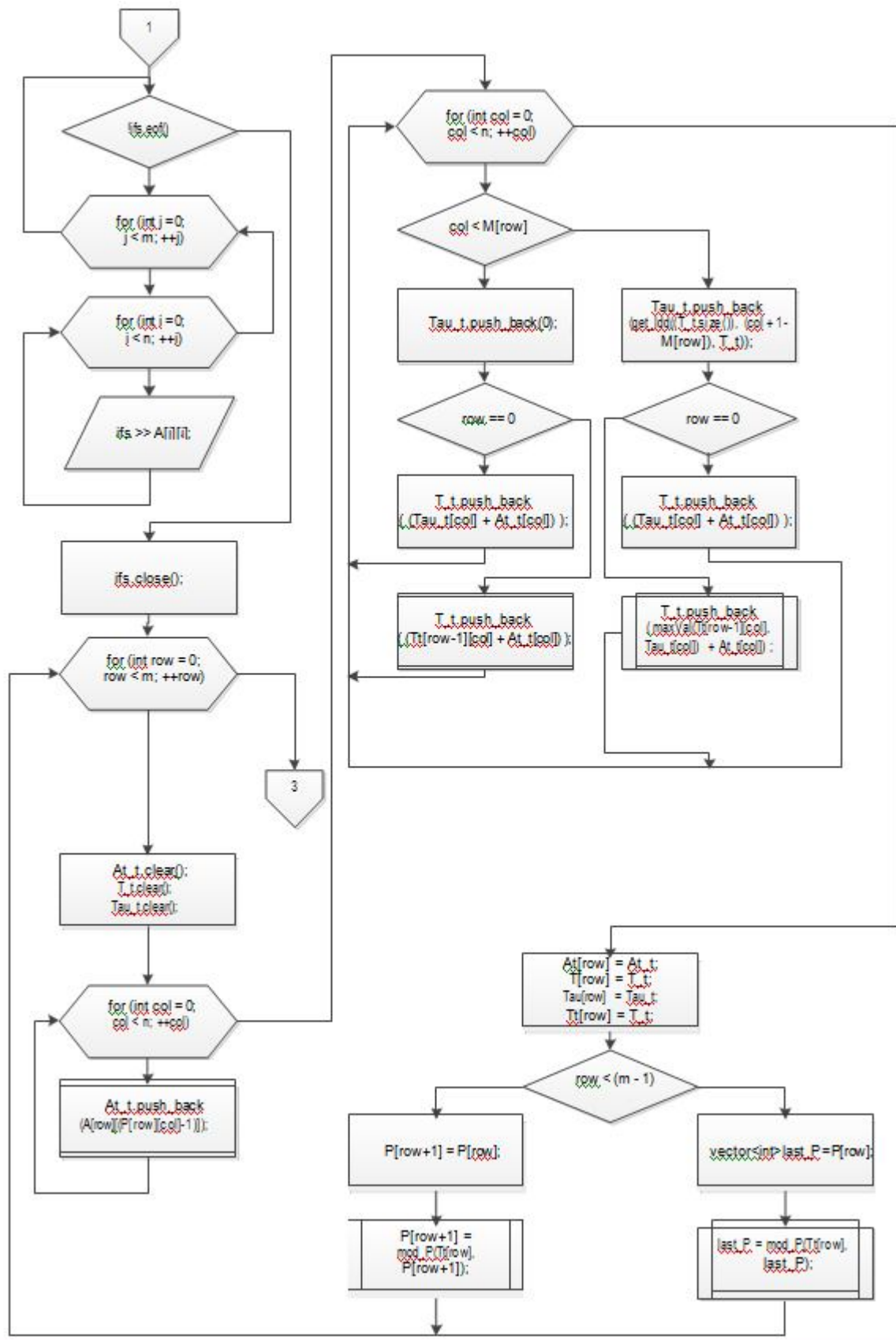
44. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. – К.: НТУУ “КПІ”, 2011. – 488 с.

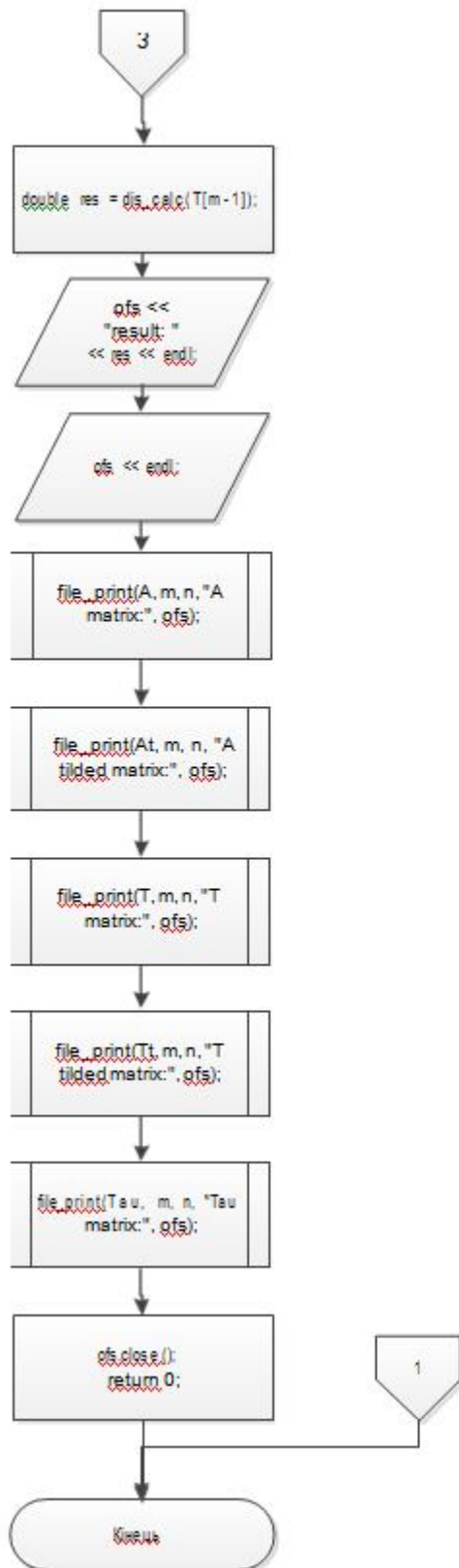
ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

```
int main(int argc, char* argv[])
```

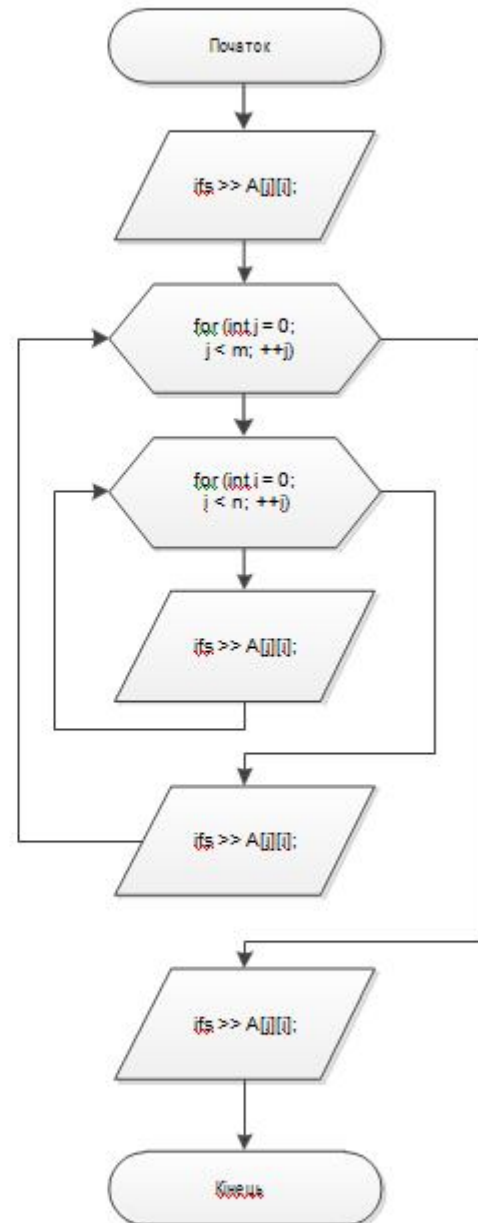




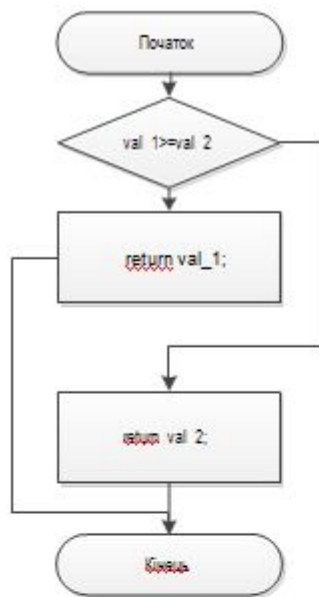


```

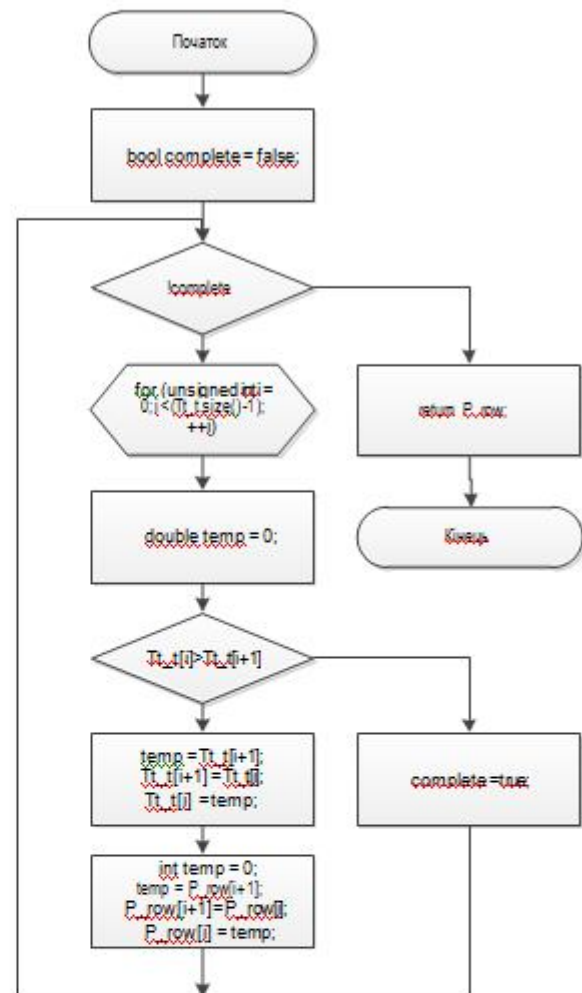
void file_print(vector<vector<double>> iv,
int& m, int& n, string text, ofstream& ofs)
  
```



```
double max_val(const double& val_1, const double& val_2)
```



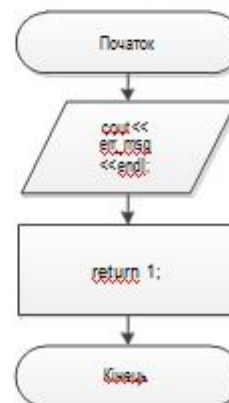
```
vector<int> mod_P(vector<double>&T1_t, vector<int>&P_row)
```

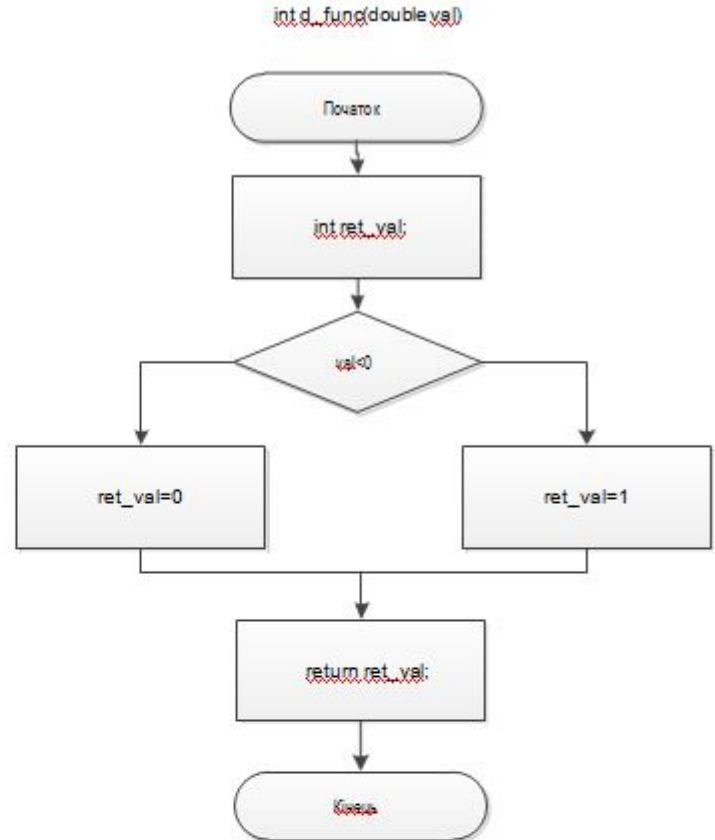
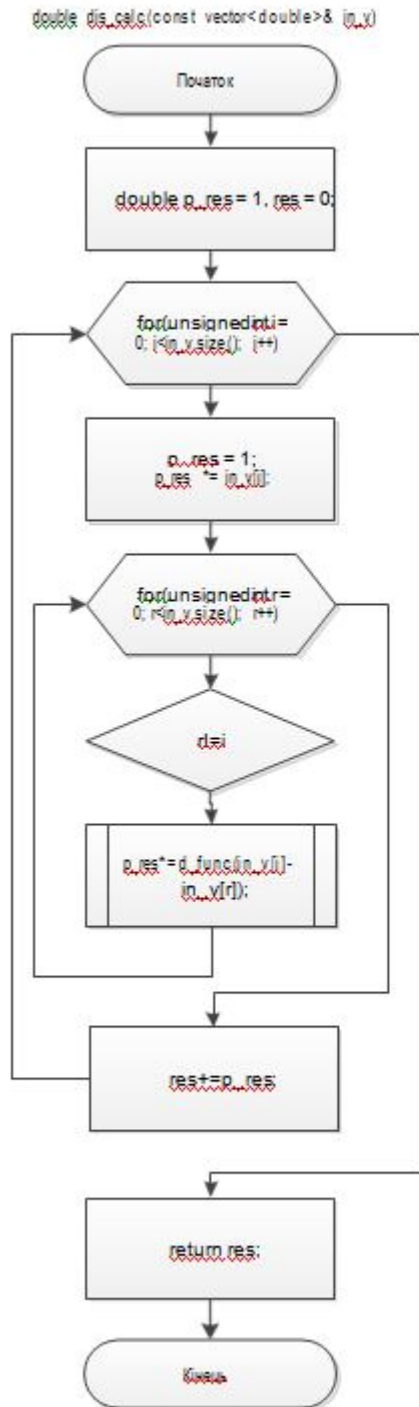


```
double get_id(const int& n, const int& k, vector<double> iv)
```



```
int error(string err_msg)
```





ДОДАТОК Б

Додаток Б – Текст програми

head.h

```
#include <string>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;

double con_calc(const vector<double>&);
double dis_calc(const vector<double>&);
double get_ldd(const int&, const int&, vector<double>);
vector<int> mod_P(vector<double>&, vector<int>&);
double maxVal(const double&, const double&);
```

get_arrangement.cpp

```
#include "head.h"
using namespace std;
int fact(int val)
{
    int res = 1;
    for (int i = 1; i<=val; ++i)
    {
        res *= i;
    }
    return res;
}
int d_func(double val)
{

```

```

    int ret_val;
    (val<0)? (ret_val=0):(ret_val=1);
    return ret_val;
}

double con_calc(const vector<double>& in_v)
{
    double p_res = 1, res = 0;
    for(unsigned int i = 0; i<in_v.size(); i++)
    {
        p_res = 1;
        p_res *= in_v[i];
        for(unsigned int r = 0; r<in_v.size(); r++)
        {
            if (r!=i)
            {
                p_res*=d_func(in_v[r]-in_v[i]);
            }
        }
        res+=p_res;
    }
    return res;
}

double dis_calc(const vector<double>& in_v)
{
    double p_res = 1, res = 0;
    for(unsigned int i = 0; i<in_v.size(); i++)
    {

```

```

    p_res = 1;
    p_res *= in_v[i];
    for(unsigned int r = 0; r<in_v.size(); r++)
    {
        if (r!=i)
        {
            p_res*=d_func(in_v[i]-in_v[r]);
        }
    }
    res+=p_res;
}
return res;
}

double get_ldd(const int& n, const int& k, vector<double> iv)
{
    sort (iv.begin(), iv.end());
    return iv[(k-1)];
}

vector<int> mod_P(vector<double>& Tt_t, vector<int>& P_row)
{
    bool complete = false;
    while (!complete)
    {
        for (unsigned int i = 0; i < (Tt_t.size()-1); ++i)
        {
            double temp = 0;
            if (Tt_t[i]>Tt_t[i+1])

```

```

        {
            temp = Tt_t[i+1];
            Tt_t[i+1] = Tt_t[i];
            Tt_t[i] = temp;
            int temp = 0;
            temp = P_row[i+1];
            P_row[i+1] = P_row[i];
            P_row[i] = temp;
        }
        else
            complete = true;
    }
}
return P_row;
}

double maxVal(const double& val_1, const double& val_2)
{
    if (val_1 >= val_2)
    {
        return val_1;
    }
    else
    {
        return val_2;
    }
};
}

```

main.cpp

```
#include "head.h"
#include <iostream>
#include <fstream>
int error(string err_msg)
{
    cout << err_msg << endl;
    //system("pause");
    return 1;
}
void file_print(vector<vector<double>> iv, int& m, int& n, string text, ofstream&
ofs)
{
    ofs << text << endl;
    for (int row = 0; row < m; ++row)
    {
        for (int col = 0; col < n; ++col)
        {
            ofs << iv[row][col] << "t";
        }
        ofs << endl;
    }
    ofs << endl;
}
int main(int argc, char* argv[])
{
    string in_file_name;
```

```

string out_file_name;
string executive_dir = argv[0];
getline(cin, in_file_name);
getline(cin, out_file_name);
executive_dir = executive_dir.substr(0, executive_dir.find_last_of("\\") + 1);
in_file_name = executive_dir + in_file_name;
out_file_name = executive_dir + out_file_name;
ofstream ofs(out_file_name.c_str());
ifstream ifs(in_file_name.c_str());
if (!ifs)
    return(error("file " + in_file_name + " could not be opened."));
if (!ofs)
    return(error("file " + out_file_name + " could not be created/opened."));
int n = 0;
ifs >> n;
vector<vector<int>> P (1, vector<int> (n));
for (int i = 0; i < n; ++i)
{
    ifs >> P[0][i];
}
int m = 0;
ifs >> m;
vector<int> M (m);
P.resize(m, vector<int>(n));
for (int i = 0; i < m; ++i)
{
    ifs >> M[i];
}

```



```

}
vector<vector<double>> A (m, vector<double> (n));
vector<vector<double>> At (m, vector<double> (n));
vector<vector<double>> T (m, vector<double> (n));
vector<vector<double>> Tt (m, vector<double> (n));
vector<vector<double>> Tau (m, vector<double> (n));
vector<double> At_t;
vector<double> T_t;
vector<double> Tau_t;
    while(!ifs.eof())
    {
        for (int j = 0; j < m; ++j)
        {
            for (int i = 0; i < n; ++i)
            {
                ifs >> A[j][i];
            }
        }
    }
ifs.close();
for (int row = 0; row < m; ++row)
{
    At_t.clear();
    T_t.clear();
    Tau_t.clear();
    for (int col = 0; col < n; ++col)
    {

```

```

        At_t.push_back(A[row][(P[row][col]-1)]);
    };
    for (int col = 0; col < n; ++col)
    {
        if (col < M[row])
        {
            Tau_t.push_back(0);
            if (row == 0)
                T_t.push_back( (Tau_t[col] + At_t[col]) );
            else
                T_t.push_back( (Tt[row-1][col] + At_t[col]) );
        }
        else
        {
            Tau_t.push_back( get_lld((T_t.size()), (col + 1 - M[row]),
T_t) );

            if (row == 0)
                T_t.push_back( (Tau_t[col] + At_t[col]) );
            else
                T_t.push_back( maxVal(Tt[row-1][col], Tau_t[col]) +
At_t[col]) );

        };
    };
    At[row] = At_t;
    T[row] = T_t;
    Tau[row] = Tau_t;
    Tt[row] = T_t;

```

```

        if (row < (m - 1))
        {
            P[row+1] = P[row];
            P[row+1] = mod_P(Tt[row], P[row+1]);
        }
        else
        {
            vector<int> last_P = P[row];
            last_P = mod_P(Tt[row], last_P);
        };
    };

    double res = dis_calc(T[m-1]);
    ofs << "result: " << res << endl;
    ofs << endl;

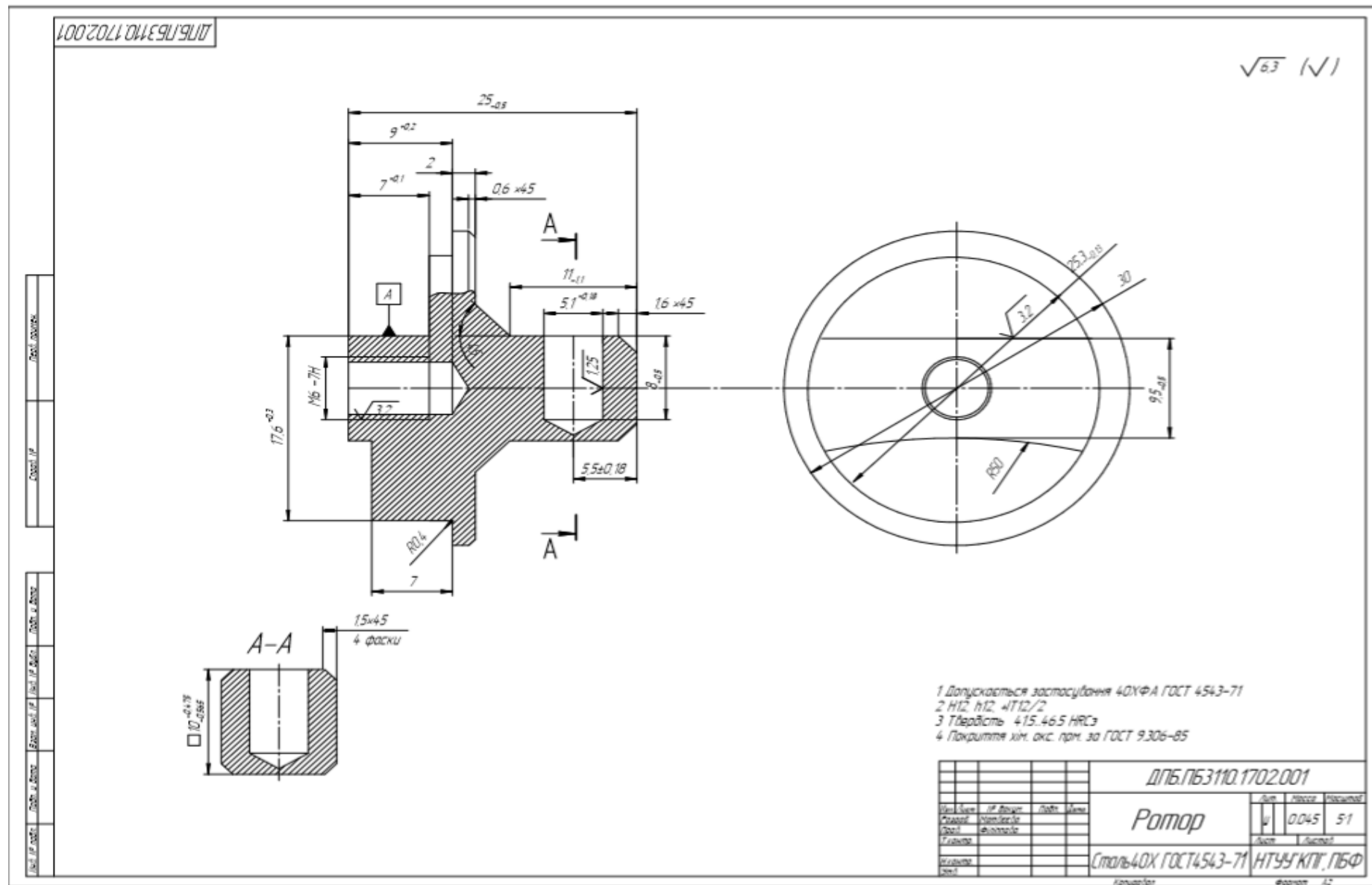
    file_print(A, m, n, "A matrix:", ofs);
    file_print(At, m, n, "A tilded matrix:", ofs);
    file_print(T, m, n, "T matrix:", ofs);
    file_print(Tt, m, n, "T tilded matrix:", ofs);
    file_print(Tau, m, n, "Tau matrix:", ofs);
    ofs.close();
    return 0;

}

```

ДОДАТОК В

Додаток В – Креслення деталі «Ротор»



Додаток В – Технологічний процес «Ротор»

005 Заготівельна

010 Токарна з ЧПУ

16A20Ф3С15

015 Вертикально-фрезерна з ЧПК

6Т13Ф20

020 Токарна з ЧПУ

16A20Ф3С15

025 Вертикально-свердлильна з ЧПК

2Р13Ф2

030 Токарна з ЧПК

16A20Ф3С15

035 Вертикально-фрезерна з ЧПК

6Т13Ф20

040 Токарна з ЧПУ

16A20Ф3С15

045 Вертикально-свердлильна з ЧПК

2Р13Ф2

050 Контрольна

Стіл контрольний

ДОДАТОК Г

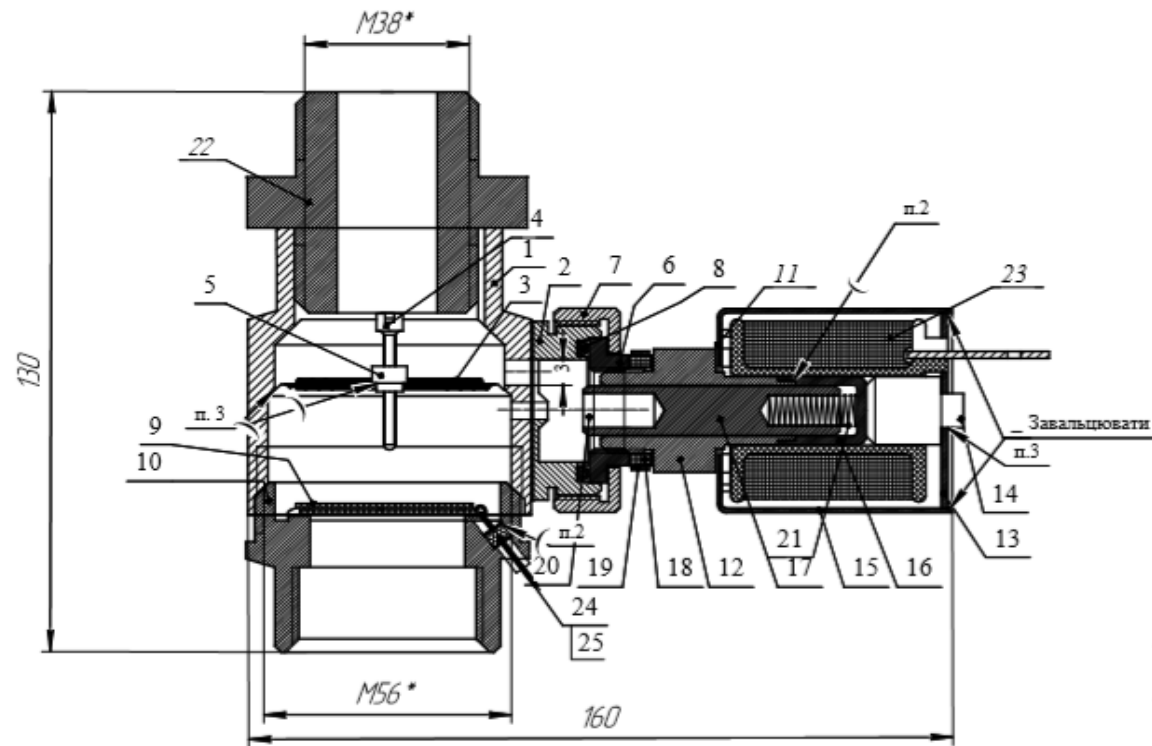
Додаток Г – Специфікація «Газовий датчик»

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			ДП.ПБ3120.1702.001СК	Датчик СК	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A4			ДП.ПБ3120.1702.002СК	Корпус СК	1	
A4			ДП.ПБ3120.1702.003СК	Кришка СК	1	
A4			ДП.ПБ3120.1702.004СК	Клапан СК	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	ДП.ПБ3120.1702.004.01	Корпус	1	
		2	ДП.ПБ3120.1702.004.02	Стійка	1	
		3	ДП.ПБ3120.1702.004.03	Мембрана	1	
		4	ДП.ПБ3120.1702.004.04	Гвинт	1	
		5	ДП.ПБ3120.1702.004.05	Втулка	1	
		6	ДП.ПБ3120.1702.004.06	Втулка	1	
		7	ДП.ПБ3120.1702.004.07	Гайка	1	
		8	ДП.ПБ3120.1702.004.08	Кільце	1	
		9	ДП.ПБ3120.1702.004.09	Сенсор	1	
		10	ДП.ПБ3120.1702.004.10	Кришка	1	
		11	ДП.ПБ3120.1702.004.11	Каркас		
		12	ДП.ПБ3120.1702.004.12	Втулка	1	
		13	ДП.ПБ3120.1702.004.13	Кришка	1	
		14	ДП.ПБ3120.1702.004.14	Вісь	1	
Ізм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Датчик	
Разраб.	Разработчик					
Пров.						
Н.контр.						
Утв.						
					Лит.	Лист
						1
						2

Додаток Г – Специфікація «Газовий датчик»

[illegible]

Додаток Г – Креслення «Газовий датчика»



1. *Розміри для довідок.
2. Н12, h12, IT14/2
3. Паяти ПОС 61 ГОСТ 21931-76.
4. Інші ТУ по ОСТ4ГО.070.015

Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Датчик Складальне креслення			Лист	Маса	Масштаб
Разроб.									1:1
Г.контр.							Лист	Листов	1
Н.контр.									
Читб									

Копіювати

Формат А3

Додаток Г – Технологічний процес «Газового датчика»

005 Підготовча

010 Комплектувальна

015 Промивка

020 Сушка

025 Складання Стійки СК

030 Складання Корпусу СК

035 Складання Кришки СК

040 Складання Каркасу СК

045 Складання Втулки СК

050 Складання Датчика СК

055 Контрольна

060 Маркування

065 Упакування

070 Випробувальна

Список

наукових праць Матвєєвої Анни Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

№ з/п	Назва	Видавництво, журнал (назва, номер, рік) чи номер авторського свідоцтва	Кількість друкованих сторінок	Прізвища співавторів
1	2	3	4	5
1	Моделювання роботи технологічного обладнання на основі структурно-логічного методу	Збірник статей XI науково-практичної конференції студентів, аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», м. Київ, НТУУ «КПІ», 15-16 травня 2018 р.	3	Матвєєва А.О. Вислоух С.П.
2	Моделювання виробничих систем структурно-логічним методом	Збірник праць конференції XIV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», м. Київ, НТУУ «КПІ», 4-5 грудня 2018 р.	4	Матвєєва А.О. Вислоух С.П.
3	Моделювання виробничих систем структурно-логічним методом	Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку» 11-12 жовтня 2018 р.	2	Матвєєва А.О. Вислоух С.П.

1	2	3	4	5
4	Моделювання виробничих систем на основі структурно-логічного методу	Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», м. Чернігів, 01-03 листопада 2017 р.	1	Матвєєва А.О. Вислоух С.П
5	Моделювання роботи технологічного обладнання на основі структурно-логічного методу	Збірник тез доповідей XX Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», м. Дніпро, НЦАО, 11-13 квітня 2018р.	1	Матвєєва А.О. Вислоух С.П

Автор

(підпис)

Матвєєва А.О.
(прізвище, ініціали)

Декан ПБФ

(підпис)

Тимчик Г.С.
(прізвище, ініціали)